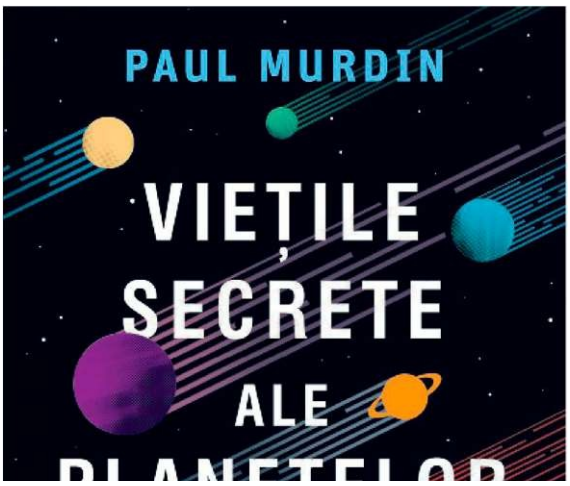
PAUL MURDIN
SECRETE
ALE
LANETELOR

VIETUfE

GHID **DE UTILIZARE**
A SISTEMULUI
SOLAR
‚Un adevărat tur de forţă!
NATU R

E


PAUL MURDIN
VIEȚILE
SECRETE
ALE

PAUL MURDIN

VIEŢILE PLANETELOR

GHID DE UTILIZARE A SISTEMULUI SOLAR

„Un adevărat tur de forţă!”

TRE

VIEȚILE SECRETE ALE

PLANETELOR

GHID DE UTILIZARE
A SISTEMULUI SOLA

RPAUL MURDIN

VIEŢILE SECRETE

ALE PLANETELOR

GHID DE UTILIZARE
A SISTEMULUI SOLAR

Traducere din limba engleză de Constantin Dumitru-Palcus

A
TRE
lEditori:

Silviu Dragomir Vasile Dem.

Zamfirescu

Director editorial: Magdalena

Mărculescu

Redactare: Laurenţiu Dulman

Ilustraţie şi design copertă: Andrei

Gamarţ

Director producţie: Cristian

Claudiu Coban
Dtp:
Gabriela Anghe

lCorectură: Rodica Creţu Irina

Muşătoiu
Conţinutul acestei lucrări electronice este protejat prin copyright (drepturi de autor), iar cartea este destinată exclusiv utilizării ei în scop privat pe dispozitivul de citire pe care a fost descărcată. Orice altă utilizare, incluzând împrumutul sau schimbul, reproducerea integrală sau parţială, multiplicarea, închirierea, punerea la dispoziţia publică, inclusiv prin internet sau prin reţele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informaţiei, altele decât cele pe

care a fost descărcată, revânzarea sub orice formă sau prin orice mijloc, fără consimţământul editorului, sunt interzise. Dreptul de folosinţă al lucrării nu este transferabil.
Drepturile de autor pentru versiunea electronică în formatele existente ale acestei lucrări aparţin persoanei juridice Editura Trei SRL.

Titlul original: The Secret Lives of

Planets Autor: Paul Murdin
Copyright © Paul Murdin 2019
First published in the English language in Great

Britain in 2019 by Hodder & Stoughton An Hachette UK compan
yCopyright © Editura Trei, 2020
pentru prezenta ediţie

O.P. 16, Ghişeul 1, C.P. 0490,

Bucureşti Tel.: +4 021 300 60 90 ;

Fax: +4 0372 25 20 20 e-mail:

comenzi@edituratrei.ro

www.edituratrei.ro
ISBN (prinţ): 978-606-40-0939-5

ISBN (epub): 978-606-40-1304-

0Inginerilor şi oamenilor de ştiinţă

care ne-au arătat lumile

îndepărtate

Capitolul 1

Ordine, haos şi unicitate în sistemul solar

Dacă ar fi să credem ceea ce ne spun romanele poliţiste, viaţa din satele englezeşti este în general liniştită şi armonioasă, un şir ordonat de evenimente mărunte şi neimportante, punctate de drame

ce dezvăluie secretele ascunse după perdelele din dantelă de la geamurile unor locuitori în aparenţă respectabili. O zi la ţară cuprinde o listă regulată de vizite făcute de poştaş şi de cititorul de contoare electrice, luna cuprinde un program de întâlniri la clubul de bridge şi la corul bisericii, iar anul are un ciclu periodic din care fac parte expoziţia de flori şi produse agricole, precum şi piesele de teatru de Crăciun. Dar deodată colonelul este găsit mort în pat, înjunghiat se pare de un fost partener în afacerile nu tocmai curate pe care le făcea în Extremul Orient. Paracliserul este găsit spânzurat de frânghiile clopotului de la biserică, fiind astfel eliminat

de către iubitul fostei sale soţii de pe lista beneficiarilor unui testament important. Diriginta oficiului poştal este pe urmele unui individ care trimite scrisori anonime răuvoitoare, până când este găsită înecată într- un puţ, cu bicicleta trântită în iarbă. Viaţa liniştită a satului este răscolită, iar secretele ascunse sub suprafaţă sunt scoase la lumină.
Romanele de genul celor scrise de Agatha Christie sunt versiuni ficţionalizate ale vieţii reale. Ne-ar plăcea să credem că viaţa este ordonată şi structurată, însă deseori ni se aduc la cunoştinţă şi uneori chiar participăm la evenimente haotice, cum ar fi accidente de circulaţie, boli,

uragane, inundaţii şi atacuri teroriste.
în mod similar, am putea avea impresia că sistemul solar este constant şi perfect regulat, asemenea unui ceas sau unui planetariu. Pe termen scurt, aşa stau lucrurile. Dar, văzute dintr-o perspectivă mai largă, planetele şi sateliţii lor au vieţi palpitante, pline de drame. Ca şi în vieţile oamenilor, unele schimbări din vieţile planetelor sunt evolutive şi treptate, corespunzând cu procesul natural de creştere al oamenilor. Dar uneori aceste schimbări — la fel ca accidentele catastrofale din vieţile oamenilor — au efecte dramatice,

care aruncă o planetă pe o nouă traiectorie, în sens propriu sau metaforic. Aceste evenimente lasă urme asupra înfăţişării şi structurii planetelor, iar o parte din misiunea astronomiei este să deducă ce s-a întâmplat. „Prezentul este cheia trecutului”, scria despre Pământ geologul scoţian din secolul al XIX-lea Archibald Geikie. Iar ceea ce e valabil desigur pentru Pământ este valabil şi pentru celelalte planete. Viziunea potrivit căreia sistemul solar ar fi asemenea unui ceas şi-a atins perioada de vârf în secolul al XVIII-lea. Geometria fundamentală a sistemului solar ca sistem de planete aflate pe orbite în jurul Soarelui a fost propusă de clericul polonez Nicolaus Copernic în 1543

şi a fost demonstrată de către fizicianul italian Galileo Galilei în 1610, cu ajutorul descoperirilor făcute cu telescopul. Legile empirice care descriu proprietăţile matematice ale orbitelor planetare (cum ar fi faptul că acestea sunt elipse) au fost stabilite de astronomul german Johannes Kepler între 1609 şi 1619. Combinând toate aceste descoperiri, matematicianul Isaac Newton a formulat în 1687 principiile fizice care stau la baza mişcării planetare în lucrarea Principiile matematice ale filo sofiei naturale, aceasta cuprinzând ideea genial de simplă şi exact formulată a legii gravitaţiei.

Modelul newtonian al sistemului solar susţinea că acesta era o minuţioasă operă matematică. în 1726, Newton a afirmat că „minunata dispunere a Soarelui, a planetelor şi a cometelor nu poate fi decât lucrarea unei Fiinţe atotputernice şi inteligente”. Potrivit lui Newton, Dumnezeu orchestrează mişcările sistemului solar şi le controlează prin legea gravitaţiei, pe măsură ce planetele înaintează spre viitorul lor. Acest model al Universului a fost dezvoltat în continuare de succesorii lui Newton, în special de către fizicianul Pierre Simon Laplace. El a demonstrat matematic, pornind de la principiile newtoniene, că sistemul

solar este stabil. Fiecare planetă se roteşte în jurul Soarelui pe câte o orbită de forma unui disc plat şi va continua să facă asta la infinit. Prin urmare, el credea că sistemul solar, odată creat, va rămâne veşnic în aceeaşi formă. Sistemul solar era considerat ceva etern, care s-a dezvoltat cu inevitabilitate de la începuturile sale.
Laplace a exprimat certitudinea fizicii aşa cum omul religios exprimă certitudinea credinţei: Trebuie să privim starea actuală a universului ca fiind efectul stării sale anterioare şi cauza stării care urmează. O inteligenţă care ar cunoaşte toate forţele ce acţionează în natură la un moment dat, precum şi poziţiile momentane

ale tuturor lucrurilor din univers ar fi în stare să cuprindă într-o singură formulă mişcările celor mai mari corpuri, precum şi pe ale atomilor celor mai uşori din lume, cu condiţia ca intelectul său să fie suficient de puternic ca să poată analiza toate datele; pentru acea inteligenţă, nimic nu ar fi nesigur, viitorul şi trecutul ar fi prezent în ochii săi.
într-o carte influentă, Natural Theology or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity (Teologia naturală sau dovezile privind existenţa şi atributele divinităţii), publicată la începutul secolului al XVIII-lea, teologul William Paley descria

construirea sistemului planetar astfel:
Forţa motoare din aceste sisteme [planetare] este o atracţie care variază invers proporţional cu pătratul distanţei: cu alte cuvinte, când distanţa se dublează, forţa scade la un sfert; când distanţa se înjumătăţeşte, forţa se măreşte de patru ori şi aşa mai departe... în măsura în care aceste principii pot fi cunoscute, cred că se poate spune că am demonstrat alegerea şi ordinea presupuse de ele; alegerea, din varietatea nemărginită; iar ordinea, cu privire la ceea ce, prin natura sa proprie, a fost, din perspectiva proprietăţii ordonate, nelegat şi nedefinit.

Paley asemuia sistemul solar (dar şi anatomia umană, precum şi alte fenomene naturale) cu un ceasornic complicat, bine construit. Pornind de aici, el a dedus că, la fel cum un ceas a fost construit într-un anume fel de către un ceasornicar, fenomenele naturale au fost create de Dumnezeu, Ceasornicarul Divin. Acesta este argumentul teleologic (sau argumentul proiectului inteligent) pentru existenţa lui Dumnezeu. Pe scurt, argumentul spune aşa: fenomenele naturale funcţionează foarte bine, potrivindu-se unele cu altele ca şi cum ar fi fost proiectate; deci trebuie să fi existat un proiectant; iar proiectantul este Dumnezeu.

Raţionamentul lui Paley spunea că, dacă găsim un ceas aruncat pe jos, inferenţa, credem noi, este inevitabilă; şi anume că ceasul trebuie să fi avut un creator; că trebuie să fi existat, la un moment dat şi într-un anumit loc, un meşteşugar sau mai mulţi care l-au asamblat pentru scopul pe care constatăm că-l îndeplineşte în fapt; meşteşugari care i-au înţeles construcţia şi i-au proiectat utilizarea.
Acesta era un model liniştitor al universului: trăim într-o lume armonioasă proiectată de o Fiinţă Supremă. Paley a aplicat această idee la sistemul solar al planetelor, dar s-a concentrat şi asupra anatomiei umane — ochiul

omenesc, spunea el, arată ca şi cum ar fi fost conceput după un anumit proiect, iar proiectantul a fost Dumnezeu. Ideea persistă până în timpurile moderne, iar cartea lui Paley continuă să fie citată.
Secolul al XIX-lea a găsit o teorie naturală alternativă pentru a explica structura corpului uman, anume teoria evoluţionistă a lui Darwin. în fiinţele vii, proiectul este doar o iluzie, deoarece variaţiile naturale moştenite de la un părinte sunt transmise generaţiilor următoare, dacă variaţiile sunt favorabile succesului biologic. Există prin urmare un proces repetat, cu paşi foarte mici, prin care structura unui organ

biologic se îmbunătăţeşte astfel
încât să se potrivească mai bine cu
utilizarea sa. Doar aparent organul
a fost conceput cu un anume scop.
Argumentul din cartea lui Paley
este folosit în zilele noastre mai
ales pentru a combate teoria
evoluţionistă darwiniană, adesea în
favoarea creaţionismului, potrivit
căruia universul şi, în particular,
omenirea au fost create o dată
pentru totdeauna de către
Dumnezeu.
în biologie, teoria ştiinţifică spune
că lucrurile vii evoluează — către
ceea ce
doar pare a fi un proiect anticipat
— prin schimbări ereditare
infinitezimale, care au ca rezultat
ameliorări ale funcţiilor prin
intermediul selecţiei naturale, în

fizică, progresele ştiinţifice ale mecanicii cuantice au apărut în secolul XX şi au aruncat o îndoială postmodernă asupra încrederii lui Paley în funcţionarea fizicii pe baza teologiei naturale. Mecanica cuantică a introdus în mod explicit în joc un principiu al incertitudinii: rezultatul unui anumit proces din fizică este în mod inerent incert şi nu există nicio inevitabilitate a rezultatului unei schimbări fizice naturale, ci doar o gamă de posibilităţi, unele mai probabile decât altele.
Acest lucru poate fi observat cel mai uşor în comportamentul lucrurilor mici: electroni, atomi, quarkuri etc. în astronomie, viitorul lucrurilor mari — cum ar fi

sistemul solar — este de asemenea nesigur, în acest caz ca urmare a teoriei haosului, care a fost descoperită cu ocazia aplicării teoriei gravitaţiei în astronomie. Certitudinea iluministă a lui Laplace, potrivit căreia s-ar putea prezice, în principiu, tot ce va avea loc în viitor folosind teoria gravitaţiei, este falsă. Nu există certitudine în viitor, doar probabilităţi. Este exact inversul a ceea ce ne aşteptăm de la un ceasornic.
Când lăuda ceea ce ar putea să prezică o inteligenţă puternică, Laplace extrapola analiza lui Newton a două corpuri care se rotesc pe orbite unul în jurul celuilalt: Soarele şi o planetă, două

stele sau două galaxii. în aceste cazuri, orbitele sunt într-adevăr determinate pentru totdeauna, elipse care se repetă la infinit. Dar, bineînţeles, sistemul solar constă din mai mult de două corpuri — există opt planete principale pe orbite circumsolare şi nenumărate corpuri mai mici. La un anumit nivel, este imposibil să ignori atracţia exercitată de fiecare planetă asupra celorlalte, iar orbitele planetelor sunt în realitate mult mai complexe decât elipsele repetitive din cazul simplu al celor două corpuri.

Extinderea teoriei newtoniene a celor două corpuri fie şi la numai trei corpuri s-a dovedit dificilă, ba chiar de nerezolvat. în 1887, regele

Suediei a oferit un premiu pentru găsirea unei soluţii la ceea ce va deveni cunoscut ca „Problema celor trei corpuri”: pe ce orbite se mişcă trei corpuri sub influenţa atracţiei lor gravitaţionale reciproce? Matematicianul francez Henri Poincare a intrat în competiţie şi a câştigat pentru că analiza lui a fost cea mai impresionantă, cu
toate că nu a găsit soluţia matematică precisă care se ceruse. Poincare a reuşit să calculeze numeric orbitele celor trei corpuri — astăzi această sarcină s-ar realiza cu ajutorul computerului, dar el a trebuit să recurgă la calcule laborioase pe hârtie —, dar orbitele erau „atât de încâlcite, încât nici nu pot încerca să le

desenez”. Mai mult, Poincare a constatat că, atunci când cele trei corpuri erau puse în mişcare din poziţii iniţiale uşor diferite, orbitele erau cu totul diferite. „Se poate întâmpla ca micile diferenţe ale poziţiilor iniţiale să ducă la diferenţe enorme în fenomenul final. Predicţia devine imposibilă.” Rezultatul lui Poincare a fost confirmat de tehnicile matematice moderne. Matematicienii din zilele noastre ar spune că orbitele planetare sunt „haotice”. Dacă începi cu planetele într-o anumită configuraţie, poţi calcula unde se vor afla în, să spunem, 100 de milioane de ani. Dacă schimbi locul unei singure planete cu un singur centimetru faţă de poziţia iniţială,

te-ai putea aştepta ca efectul pe care această modificare l-ar avea asupra poziţiei planetelor după tot atâţia ani să fie cam de aceeaşi dimensiune şi complet neglijabil. Dar, în realitate, planetele ar putea să se afle literalmente aproape oriunde altundeva — în limitele posibilului, desigur —, iar rezultatul ar fi cu totul diferit de cel de dinainte. Deplasările poziţiilor care iau naştere ca rezultat al micii schimbări iniţiale se amplifică incontrolabil.
în fizica modernă, termenul „haos” este folosit pentru a descrie un fenomen precum cel de mai sus, care este predictibil pe termen scurt, dar care depinde atât de mult de starea iniţială, încât

rezultatul pe termen lung nu poate fi calculat. De regulă, meteorologii fac prognoze mai mult sau mai puţin exacte pentru o zi sau pentru o săptămână. Totuşi, întrucât nimeni nu are cum să ştie ce turbulenţe poate provoca în aer bătaia aripilor fiecărui fluture din Brazilia, meteorologii nu pot prezice când sau unde se va abate uraganul anul viitor asupra Floridei — micile efecte necunoscute ale acelor bătăi de aripi schimbă complet viitorul. Acest adevăr legat de prognozele meteo a fost descoperit în 1963 de către Edward Lorenz, meteorolog la Massachusetts Institute of Technology. Dacă schimbi datele iniţiale doar puţin, modelele de

prognoză meteo pot fi complet diferite. Lorenz şi-a botezat descoperirea „efectul fluturelui”. James Yorke a propus denumirea de „haos”. Acest concept al haosului meteorologic a fost acelaşi cu cel descoperit anterior de Poincare
când a studiat orbitele planetare. în cazul sistemului solar, „haosul” presupune că în cele 4 miliarde de ani scurşi de la formarea sistemului nostru planetar au avut loc schimbări incalculabile ale poziţiilor planetelor. Aceste schimbări au reprezentat evenimente unice, care au conferit trăsături specifice fiecărei planete din sistemul solar. Un lucru mai surprinzător şi, până în prezent, inexplicabil este faptul că, din câte

ştim, sistemul solar, ca întreg, pare să fie unic.
Acum, în 2019, când scriu aceste rânduri, există circa 3 800 de planete cunoscute care orbitează în jurul altor stele decât Soarele şi care sunt grupate sub denumirea de „planete extrasolare”. Planetele par să fie foarte răspândite, în medie, există cam o planetă pentru fiecare stea din galaxia noastră — jumătate dintre stele nu au planete, iar jumătate dintre ele au în medie două planete. Rezultatele nu sunt definitive, pentru că descoperirea planetelor de pe orbitele unor stele aflate la ani-lumină sau la mii de ani-lumină depărtare este dificilă, iar astronomii nu pot descoperi decât

cazurile cele mai simple, însă sunt suficient de buni ca să poată, cu puţină reflecţie, să discearnă unele generalităţi legate de planete şi de sistemele planetare.
Se pare că cele mai răspândite planete din galaxie sunt similare Pământului (telurice), dar de două ori mai mari decât planeta noastră. O astfel de planetă este denumită, generic, „super-Pământ”. Sistemul nostru solar are patru planete telurice, Pământul fiind cea mai mare dintre ele, dar nu cuprinde niciun super-Pământ: este posibil să nu fi avut niciodată aşa ceva, la fel cum e posibil să fi avut unul care între timp a dispărut. Nu se cunoaşte ce anume favorizează formarea super-Pământurilor, dar

sistemul nostru solar se poate să fi ratat ocazia de a avea o astfel de planetă. Sau e posibil să fi avut un super-Pământ care a fost proiectat în spaţiul interstelar? Ce eveniment de proporţii catastrofale ar fi putut avea loc în viaţa sistemului nostru planetar, astfel încât să distrugă un super-Pământ, dar să lase Pământul nostru să supravieţuiască?

O altă discrepanţă se referă la planetele extrasolare cu o masă apropiată sau echivalentă cu a lui Jupiter. Acestea sunt destul de răspândite, iar noi avem două în sistemul solar: Saturn şi Jupiter însuşi. Planetele de tip Jupiter (sau „jupiteriene”) sunt cel mai frecvent descoperite dintre planetele

extrasolare (dar, desigur, fiind cele mai mari şi mai masive, sunt şi cel mai uşor de observat). Lucrul surprinzător legat de planetele jupiteriene extrasolare este că se află mult mai aproape de stelele lor mamă decât Jupiterul nostru de Soare. De aceea ele se încălzesc mai tare şi înregistrează un pronunţat fenomen de evaporare. Planetele jupiteriene sunt mari pentru că s-au format în regiunile reci şi îndepărtate ale sistemului lor planetar: deci cum au ajuns aceşti jupiteri extrasolari mai aproape de stelele lor şi, dacă acest lucru se întâmplă frecvent în multe sisteme planetare, de ce nu s-a întâmplat şi în sistemul nostru solar?

Concluzia este că sistemul nostru solar nu are un echivalent printre sistemele planetare cunoscute. Astronomia nu deţine deocamdată o explicaţie pe deplin acceptată pentru acest fapt.
în schimb, astronomia poate explica multe dintre trăsăturile planetelor noastre, care pot fi puse pe seama anumitor evenimente din trecut. Alte secrete rămân a fi descoperite. în biografia unei personalităţi istorice pot să existe goluri. La fel se întâmplă şi cu planetele.
înainte de a începe să le examinăm vieţile, trebuie să ştim ce sunt planetele. Cine sunt subiecţii acestei cărţi?

Conceptul de „planetă” a evoluat pe măsură ce am început să înţelegem mai bine lucrurile, dar încă avem destule nelămuriri. Iar astronomii, în încercarea de a face totul cât mai clar, au sporit şi mai mult confuzia.
Iniţial, în vremurile clasice, cuvântul „planetă” însemna „stea rătăcitoare”, nu una fixă. Stelele fixe erau lumini de pe cer care îşi menţineau poziţiile unele în raport cu altele (atât cât se putea discerne cu echipamentul disponibil în acea perioadă a istoriei ştiinţifice); în schimb, planetele îşi modificau poziţiile faţă de stelele fixe. Potrivit acestei definiţii, astronomii identificaseră şapte planete: Mercur, Venus,

Marte, Jupiter, Saturn, Soarele şi Luna.
Apoi percepţia asupra universului s-a schimbat în 1543, când Copernic şi-a dat seama că Soarele este o stea, la fel ca stelele fixe, Luna este un satelit aflat pe orbita Pământului, iar Pământul — alături de Mercur, Venus, Marte, Jupiter şi Saturn — este una dintre cele şase planete care se rotesc în jurul Soarelui. Orbitele planetelor sunt aproape circulare şi se află în acelaşi plan. Astronomii au descoperit şi alţi sateliţi pe orbitele altor planete, precum şi planete noi — Uranus şi Neptun — pe orbite mai îndepărtate în jurul Soarelui.
în acea perioadă istorică, definiţia „planetei” era clară şi se baza pe

poziţiile şi mişcările corpurilor din sistemul solar. A început să devină neclară în momentul în care termenul a luat în considerare şi alte aspecte, unul dintre ele fiind natura corpurilor din sistemul solar. Cometele se deplasează pe orbite în jurul Soarelui, dar nu sunt planete. întâi de toate, pentru că au orbite anormale. Orbitele cometelor sunt excentrice — nu sunt cvasicercuri — şi, de asemenea, pot fi înclinate, adică se pot afla în alt plan decât orbitele celorlalte planete. Dar, cel mai important, cometele au o înfăţişare diferită, ceea ce înseamnă că au o structură diferită. Planetele şi sateliţii lor mai mari au formă aproape sferică, fiecare având

suprafeţe solide sau fiind înconjurat de nori. Aceste corpuri au o dinamică proprie, care le face să se stabilizeze sub forma unor sfere stratificate: în mijlocul planetelor se află straturile solide şi lichide, iar la exteriorul lor, cele gazoase, care alcătuiesc atmosfera, fiecare strat susţinând straturile mai uşoare de deasupra. Cometele sunt difuze (termenul de „cometă” provine dintr-un cuvânt grecesc care înseamnă „păros”) şi au cozi: structura lor nu seamănă deloc cu a unei planete.
în secolul al XlX-lea, au fost făcute alte descoperiri: corpuri de mici dimensiuni, aflate pe orbite aproape circulare în jurul Soarelui, în acelaşi plan cu principalele

planete, dar aglomerate între Marte şi Jupiter. în comparaţie cu planetele principale, aceste corpuri sunt surprinzător de mici. Unele dintre ele s-au dovedit a fi corpuri aproape sferice, dar multe aveau o formă neregulată. La început, au fost considerate „planete minore”, dar apoi s-a înţeles că aparţineau unei clase de corpuri orbitale care, prin natura lor, sunt diferite de planete, astfel că au primit denumirea de „asteroizi”.
Apoi procesul de clasificare a corpurilor din sistemul solar a luat-o pe o cale greşită. în 1930, a fost descoperit Pluto — un corp cvasisferic, asemănător întru câtva cu Marte, care se roteşte pe orbită în jurul Soarelui. A fost descoperit

ca urmare a căutării unei planete despre care se presupunea că s-ar afla pe o orbită situată dincolo de Neptun, drept care a fost considerat a fi planetă încă înainte de a se şti că există. Totuşi orbita lui Pluto, pe lângă că este foarte înclinată faţă de orbitele celorlalte planete, este şi excentrică, într- o asemenea măsură încât intersectează orbita lui Neptun. Astfel că au început să-şi facă loc îndoielile privind statutul său de planetă. Apoi, începând cu 1992, au fost descoperite dincolo de Pluto tot mai multe corpuri orbitale care aminteau de asteroizi prin formele lor variate, de la cvasisferice la neregulate. Acestea au fost etichetate într-o manieră

exactă, dar lipsită de imaginaţie: obiecte transneptuniene (OTN). La aceste descoperiri s-a adăugat o înţelegere tot mai bună a originii planetelor, asteroizilor şi OTN-urilor. Planetele sunt rezultatul principal al procesului în urma căruia s-au format corpuri mari prin contopirea materiei din discul care înconjura iniţial Soarele în timpul formării acestuia — aşa-numita „nebuloasă solară”. Asteroizii, cometele şi OTN-urile sunt rămăşiţe generate în urma acestui proces sau fragmente create de atunci încoace de coliziunile asteroizilor. Această descoperire a pus Pluto într-o lumină nouă: rămăşiţă sau planetă? Era într-adevăr un obiect

transneptunian, dar statutul său de planetă devenea îndoielnic. Această viziune a condus la o redefinire a lui Pluto, la o degradare, dacă se poate vorbi de o ierarhizare a corpurilor din sistemul solar.
Pluto este într-adevăr un corp aflat pe o orbită în jurul Soarelui şi are dimensiuni suficient de mari cât să se fi stabilizat într-o formă cvasisferică autonomă. Totuşi în definiţia unei planete a fost introdusă o a treia proprietate, care a dus la eliminarea lui Pluto din rândul acestei categorii de corpuri cereşti. Definiţia a fost adoptată în 2006 de către Uniunea Astronomică Internaţională (UAI), care reprezintă comunitatea

globală a astronomilor. Am fost unul dintre sutele de participanţi care au ridicat mâna la întrunirea din Praga convocată pentru aprobarea acestei definiţii. A fost o decizie controversată, care s-a bucurat de o publicitate considerabilă, ca urmare a percepţiei potrivit căreia noua definiţie urma să reducă importanţa lui Pluto. O mică armată alcătuită din elevi şi alţi pasionaţi de astronomie şi-a exprimat dezaprobarea faţă de acest lucru. Pentru mine este uluitor faptul că opinia publică a fost interesată de acest subiect, dar în acelaşi timp nu poţi să nu fii încântat că o chestiune

astronomică atât de dificilă a fost considerată atât de importantă.
A treia proprietate a unei planete, cea pe care Pluto n-o îndeplineşte, nu este o caracteristică a orbitei sale, nici a structurii sale, ci una care ţine de viaţa ei anterioară. Pentru a fi o planetă, a declarat UAI, pe lângă o orbită şi o structură corespunzătoare, un corp trebuie să aibă o dimensiune suficientă cât să-şi poată curăţa orbita de alte corpuri, fie alipindu-le la propria-i masă, fie capturându-le pe orbite ca sateliţi, fie proiectându-le în afara câmpului său gravitaţional. Potrivit criteriilor UAI, o planetă trebuie să domine zona orbitală pe care o ocupă. Ceea ce Pluto nu face:

orbita sa o intersectează pe cea a lui Neptun şi se aventurează printre alte OTN-uri. în consecinţă, Pluto nu mai este privită ca o planetă, ci ca o „planetă pitică”. Asteroidul Ceres este şi el considerat o planetă pitică, din motive similare: are o structură asemănătoare cu Pluto şi are cam aceeaşi dimensiune, dar se mişcă pe orbită printre ceilalţi asteroizi, pe care nu a reuşit să-i asimileze, aşa încât nu este o planetă.
în prezent, referitor la sistemul nostru solar, cuvântul „planetă”, fără niciun calificativ, este rezervat de către oamenii de ştiinţă lui Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun. „Planetă pitică” este atribuit celui

mai mare asteroid, Ceres, lui Pluto, precum şi câtorva obiecte transneptuniene mai mari. Sateliţii sunt corpurile care orbitează în jurul planetelor. Toate celelalte corpuri sunt desemnate — la fel de neutru şi de lipsit de imaginaţie ca şi OTN-urile — prin termenul de „corp mic din sistemul solar”.
La sfârşitul acestei cărţi se află o anexă ce conţine o scurtă prezentare a varietăţii corpurilor din sistemul solar şi a terminologiei folosite pentru a le descrie. întrucât sunt om de ştiinţă, poate că ar trebui să respect punctul de vedere oficial şi să limitez această carte, cu titlul Vieţile secrete ale planetelor, la cele opt planete ale sistemului

solar recunoscute de ştiinţa modernă. Dar, când am reflectat la lucrurile despre care ar trebui să scriu, am ajuns la concluzia că, dacă aş fi riguros, ar însemna să las deoparte unele dintre corpurile cele mai semnificative ale sistemului solar, care se bucură de un mare interes din partea astronomilor la începutului secolului XXI. Aşa încât cartea include opt planete principale, dar şi cele două planete pitice şi unele dintre corpurile mici ale sistemului solar, cum ar fi asteroizii şi meteoriţii, precum şi câţiva sateliţi. Acestea consider eu că sunt cele mai importante lumi din sistemul nostru solar. Sunt personajele cele mai

importante, cu personalităţile cele mai colorate, ale căror vieţi merită, în opinia mea, cel mai mult să fie examinate

.Capitolul 2

Mercur: bătută, sfioasă şi excentrică

* Clasificare ştiinţifică: planetă terestră.

* Distanţă faţă de Soare: 0,39 x distanţa Pământ-Soare = 57,9 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 88 zile.

* Diametru: 0,383 x diametrul

Pământului = 4 879 km.

* Perioadă de rotaţie: 59 de zile.

* Temperatură medie a suprafeţei:

167 °C.

* Mândrie secretă: „Dintre toate planetele sistemului solar, am orbita cea mai excentrică şi gama de temperaturi cea mai mare”. Suprafaţa greu încercată a unei planete lipsite de atmosferă îi

dezvăluie istoria vieţii în sistemul solar, exact la fel cum urechile făcute zob şi nasul spart ale unui boxer retras din activitate vorbesc despre victoriile şi înfrângerile sale din trecut, despre luptele înverşunate de pe ringul de box. Mercur este o planetă fără atmosferă, iar suprafaţa sa plină de cratere ne vorbeşte despre bombardamentul cosmic cunoscut sub denumirea de Marele Bombardament Târziu, care a avut loc cu circa 3,9 miliarde de ani în urmă.

Nu este uşor să găsim informaţii despre perioada de început a vieţii acestui astru, pentru că Mercur este cea mai sfioasă planetă. Este greu de inspectat îndeaproape,

chiar şi cu tehnologia disponibilă în Epoca Spaţială. în zilele în care astronomii nu aveau la dispoziţie decât telescoapele instalate pe Pământ, era foarte dificil să descoperi ceva despre Mercur, din cauza poziţiei sale — este planeta cea mai apropiată de Soare şi, ca s-o vedem de pe Pământ, întotdeauna privim în direcţia Soarelui. Ascunzându-se cu sfială în „fustele” Soarelui, Mercur este greu de văzut în apropierea luminii solare strălucitoare şi se iveşte doar din când în când, pentru perioade foarte scurte.
Zeul Mercur era considerat mesagerul zeilor. Planeta şi zeul au caracteristica similară de a se deplasa cu mare viteză. întrucât

este planeta cea mai apropiată de Soare, fiind puternic influenţată de gravitaţia acestuia, Mercur este, la fel ca omonimul său divin, iute de picior, deţinând recordul de a fi planeta cea mai rapidă de pe orbită. Se roteşte în jurul Soarelui în numai 88 de zile, în vreme ce Pământul are nevoie de 365 de zile pentru a face acelaşi lucru. Din poziţia noastră în sistemul solar, vedem planeta Mercur apărând alternativ de o parte şi de alta a Soarelui, în timp ce se deplasează pe orbită. Vreme de circa o lună, planeta este văzută ca un luceafăr de seară, observabil aproape de orizont în lumina slabă a amurgului. Dispare o lună în lumina orbitoare a Soarelui şi apoi

este văzută ca un luceafăr de dimineaţa, înainte de zori, încă o lună. După aceasta, dispare iar o lună în spatele Soarelui, înainte de a se întoarce în punctul de start. Completarea acestui ciclu durează 116 zile. (Ciclul vizibilităţii lui Mercur de pe Pământ depinde atât de orbita lui Mercur, cât şi de cea a Pământului — iată de ce perioada de vizibilitate a lui Mercur este diferită de perioada sa orbitală.) La început, astronomii greci au crezut că apariţiile de seara şi de dimineaţa ale acestei planete erau două planete diferite, astfel că aveau două nume pentru Mercur: Apollo şi Hermes. Se pare că matematicianul Pitagora a fost cel care a arătat, cam prin anul 500

î.e.n. că, de fapt, era vorba de una şi aceeaşi planetă. Probabil acesta a observat că arătau la fel şi se mişcau cu viteze similare. în plus, un aspect esenţial era că, ori de câte ori Apollo era vizibil, Hermes nu era — şi viceversa. Dintre cele două nume antice, Hermes a fost cel care s-a impus, în Grecia planeta continuând să fie numită astfel şi în ziua de azi. în engleză, limba internaţională a ştiinţei, precum şi în celelalte limbi moderne, numele planetei a devenit Mercur, echivalentul lui Hermes în mitologia romană. Există o legătură între caracteristicile planetelor cunoscute în Antichitate, zeii de la care şi-au împrumutat numele şi

efectele pe care astrologia pretindea că
acestea le-ar avea asupra oamenilor. Mercur se mişcă repede; Venus este frumoasa zeiţă a iubirii; Marte are o culoare roşie, războinică; Jupiter (sau Jove) era regele zeilor, renumit pentru farsele pe care le făcea supuşilor săi; Saturn este încet în mişcări. Numele acestor planete (şi trăsăturile atribuite lor şi zeilor omonimi) stau la baza mai multor cuvinte din limbajul curent, precum „mercurial”, „veneric”, „marţial”, „jovial” şi „saturnian”, unele dintre ele înglobând vechi credinţe astrologice.
în diferite momente din istoria civilizaţiilor antice, s-a crezut că

planetele erau sau asemănătoare zeilor, sau căminul lor, sau mijlocul prin care aceştia influenţează activităţile umane, sau chiar zeii înşişi. Am putea crede că primele două credinţe sunt poezie.
Credinţa potrivit căreia planetele influenţează caracterul individual al oamenilor sau ceea ce li se întâmplă ţine de astrologie, o superstiţie cât se poate de vie. Şi, în sfârşit, credinţa că planetele ar fi zeităţi sau asociate cu zeităţile ţine de religia astrolatriei, un fenomen aproape uitat.
Dacă citeşti un ghid al cerului destinat astronomilor amatori pentru a vedea când este vizibilă Mercur, probabil că vei găsi o notă care te avertizează să nu te uiţi la

Mercur prin binoclu sau telescop când Soarele este deasupra orizontului. Există riscul ca, în timp ce priveşti prin telescop, obiectivul lui să se îndrepte direct spre Soare. Dacă te uiţi direct la Soare, chiar şi fără un dispozitiv ajutător, poţi să-ţi vatămi ochii; riscul e cu atât mai mare când priveşti printr-un telescop, care concentrează nu doar lumina, ci şi căldura. Astronomii profesionişti îşi pot asuma acest risc, cu ajutorul planificării, pentru că telescoapele lor sunt controlate cu stricteţe. Ei au grijă să nu-şi pună în pericol vederea, deşi e posibil să-şi deterioreze echipamentul. Dar, dacă se întâmplă ceva neprevăzut

şi se strică echipamentul, acesta poate fi reparat.
Chiar dacă nu-şi pun în pericol decât echipamentele, astronomii aplică reguli foarte riguroase cu privire la observarea lui Mercur, deoarece consecinţele unei manevre greşite pot fi extrem de grave. Repararea defecţiunilor poate fi costisitoare, în cazul cel mai bun, sau imposibilă, în cazul cel mai rău. De exemplu, telescopul spaţial Hubble nu „se uită” niciodată, în nicio circumstanţă, direct la Mercur. Aceasta pentru a împiedica pătrunderea luminii şi căldurii solare în telescop, chiar şi într-o cantitate mică. Dacă se

întâmplă asta, structura s-ar putea deforma în momentul în care părţi ale acesteia s-ar supraîncălzi; iar asta ar putea deteriora aliniamentul dispozitivelor optice. Chiar şi o mică parte din radiaţia solară ajunsă în interiorul structurii telescopului sau reflectată şi focalizată de lentilele lui asupra unei componente delicate de genul unui detector electronic ar fi probabil dăunătoare.

Toate acestea fac ca Mercur să fie greu de observat direct, aşa încât, înainte de Epoca Spaţială, o mare parte a interesului s-a concentrat asupra orbitei sale. La fel ca toate planetele, Mercur are o orbită eliptică, un cerc turtit. Poţi să

desenezi o elipsă dacă înfigi două bolduri într-o foaie de hârtie şi le înconjori cu o buclă de aţă. Apoi pui creionul în bucla de aţă şi îl tragi spre tine în aşa fel încât aţa să fie întinsă. Ceea ce desenezi pe hârtie în timp ce mişti creionul în jurul boldurilor, menţinând aţa întinsă, este o elipsă. Cele două bolduri sunt poziţionate în ceea ce se cheamă focarele elipsei. în cazul fiecărei planete, Soarele se află nu în centrul orbitei, ci în unul dintre focarele sale, iar distanţa de la planetă la Soare se schimbă în timpul deplasării pe orbită. Mărimea schimbării se numeşte „excentricitatea” elipsei şi este un număr care variază de la 0, dacă nu există nicio schimbare (cu alte

cuvinte, dacă orbita este de fapt un cerc), până la aproape de 1, dacă elipsa este foarte alungită. Excentricitatea orbitei terestre este de 0,017, adică orbita este aproape circulară. Excentricitatea orbitei mercuriene este de 0,21, aceasta fiind cea mai excentrică dintre orbitele planetelor. în consecinţă, distanţa dintre planetă şi Soare variază mult: între 46 şi 70 de milioane de kilometri — altfel spus, între circa o treime şi aproape jumătate din distanţa care separă Pământul de Soare. Mercur are o orbită foarte excentrică şi, întrucât este aproape de Soare, atracţia gravitaţională exercitată de acesta este foarte mare. întrucât orbita sa reprezintă

un caz extrem, Mercur este o bună alegere pentru testarea teoriilor asupra gravitaţiei. Folosind o astfel de teorie, astronomii pot calcula unde se va afla o planetă la un anumit moment, iar o teorie reuşită va da rezultate exacte. Teoria newtoniană a gravitaţiei trece cu brio majoritatea testelor şi descrie foarte bine orbitele planetelor. Dar în cazul planetei Mercur, într-un mod subtil şi misterios, teoria lui Newton devine uşor, dar semnificativ inexactă. Orbita ei diferă cu o mică valoare de locul unde ar plasa-o calculele newtoniene de fiecare dată când planeta se roteşte în jurul Soarelui, valori care, după câteva decenii, se acumulează şi dau o discrepanţă

observabilă. Motivul acestei discrepanţe a rămas un mister până când Albert Einstein şi-a formulat teoria generală a relativităţii (sau relativitatea generală).
Teoria lui Einstein se referă la modul în care funcţionează gravitaţia. El şi-a pus la punct teoria folosindu-se doar de gândirea abstractă, fără să recurgă la observaţii empirice. Dar, desigur, a ştiut că testul teoriei sale va fi confruntarea cu realitatea. La început, nu avea la îndemână nimic cu care să- şi testeze teoria. Din acest motiv, s-a abţinut să vorbească altora despre ea. în mod paradoxal, sfioasa planetă Mercur — care se arată doar pentru scurt

timp şi apoi se ascunde repede, ca şi cum n-ar dori să atragă atenţia asupra ei, spunând ceva care ar putea să provoace controverse — i-a dat reticentului Albert Einstein curajul de a-şi face cunoscută teoria: ceea ce a descoperit despre Mercur cu ajutorul relativităţii generale a rezolvat vechea problemă a orbitei sale şi l-a determinat să-şi expună teoria examinării publice, căreia i-a rezistat triumfător.
Discrepanţa dintre orbita observată a lui Mercur şi calculele bazate pe teoria lui Newton i-a pus în încurcătură pe astronomi începând încă din secolul al XlX-lea. Discrepanţa se manifesta în felul următor.

în timp ce se deplasează pe orbită în jurul Soarelui, Mercur parcurge o elipsă, la fel ca toate planetele. Totuşi, elipsa nu rămâne orientată mereu în aceeaşi direcţie. Axa lungă a elipsei se roteşte lent în jurul Soarelui, cu o viteză de circa 1,5 grade pe secol. Această rotaţie a orbitei se numeşte „precesie”. Toate orbitele planetare sunt afectate de precesie. Precesia se datorează în principal atracţiei celorlalte planete şi faptului că Soarele nu este perfect sferic. Viteza de precesie poate fi calculată cu ajutorul teoriei newtoniene a gravitaţiei, care oferă răspunsul corect pentru aproape toate planetele, cu excepţia lui Mercur şi Venus.

Orbita lui Mercur prezintă cea mai mare discrepanţă, viteza precesiei sale fiind cu 43 de secunde de arc pe secol mai mică decât cea rezultată din calcule (în cazul orbitei lui Venus, discrepanţa este de 8,3 secunde de arc pe secol). O secundă de arc înseamnă o fracţie de 1/3 600 dintr-un grad, astfel încât discrepanţa nu era prea mare, însă era clară şi constituia un motiv de îngrijorare sâcâitor. Astronomul francez Urbain Le Verrier s-a gândit că discrepanţa ar putea fi
cauzată de atracţia exercitată asupra lui Mercur de către o planetă nedescoperită. Anterior, el avusese un mare succes în explicarea discrepanţelor observate la orbita lui Uranus. El a

presupus că ar exista o planetă nedescoperită dincolo de orbita uraniană, care abătea planeta Uranus de pe cursul ei. Aceasta a dus la descoperirea planetei Neptun (vezi Capitolul 15). Le Verrier a încercat să dea iarăşi lovitura descoperind încă o planetă nouă, de data asta în interiorul orbitei lui Mercur. Această presupusă planetă ar fi fost mult mai greu de observat chiar decât Mercur, iar Le Verrier nu s-a descurajat când nu a reuşit să o găsească.

Timp de câţiva ani, astronomii au continuat să caute planeta nedescoperită în momentele în care credeau că aceasta ar putea să efectueze un „tranzit”, adică să

traverseze faţa Soarelui. Când are loc un astfel de eveniment, planeta în tranziţie apare profilată ca o pată neagră, circulară, pe fondul discului luminos al Soarelui. Un astronom amator, un medic de ţară, Edmond Lescarbault, care locuia în Orgères-en-Beauce, între Paris şi Orléans, a afirmat în 1859 că a văzut o astfel de pată tranzitând Soarele timp de 4,5 ore. Le Verrier s-a deplasat la Orgères pentru a-l interoga pe doctor. A constatat mulţumit că observaţia fusese veritabilă şi a numit planeta „Vulcan”, după zeul focului. Credibilitatea relatării furnizate de doctor s-a diminuat când acesta a dezvăluit că, deşi a făcut însemnări legate de observaţia planetei

scriind cu creionul pe o tabletă de lemn pe care o folosea şi pentru însemnările despre pacienţii săi, ulterior a curăţat tableta cu o rindea, ca să o poată refolosi. Cu toate acestea, Le Verrier a cerut ca Lescarbault să fie făcut cavaler al Legiunii de Onoare, această medalie cu panglică stacojie acordându-se pentru „merite eminente” în activitatea profesională. Era firesc ca descoperirea unei planete noi să fie considerată meritorie, iar astronomul care a făcut descoperirea să fie considerat eminent.

Faima şi prestigiul aduse de această descoperire l-au motivat pe Lescarbault să se dedice pasiunii

pentru astronomie. A abandonat medicina şi şi-a construit o casă cu un observator pentru a-şi continua studiile.
Totuşi, în anii următori, alţi astronomi şi Le Verrier însuşi au încercat şi nu au reuşit să găsească dovezi care să confirme afirmaţiile lui Lescarbault. S-au făcut câteva tentative de a se desena o orbită a planetei şi de a se prezice când ar putea traversa din nou discul Soarelui, dar de fiecare dată aceasta a refuzat să apară. Prin urmare, planeta Vulcan a rămas învăluită în controverse şi interesul pentru ea s-a stins, exceptând o perioadă de reviriment în rândul astronomilor americani, când o eclipsă totală de Soare a fost

vizibilă în America de Nord pe 28 iulie 1878. Din pricina poziţionării Lunii între Pământ şi Soare, strălucirea acestuia din urmă avea să fie estompată. Oare putea planeta Vulcan să fie văzută în timpul eclipsei, nu prin umbra tranzitului său pe faţa Soarelui, ci aşa cum sunt observate de obicei planetele, prin lumina solară reflectată?
Au fost raportate două observări, făcute însă de astronomi cu reputaţie îndoielnică. James Watson a observat eclipsa din Rawlins, statul Wyoming, iar Lewis Swift, din Denver, statul Colorado. Fiecare a oferit mai multe relatări, dar au existat discrepanţe şi nepotriviri între cei doi. Alţi

astronomi nu au văzut nicio planetă nouă în timp ce au observat eclipsa şi le-au luat în derâdere relatările, unul dintre ei afirmând că a căuta presupusa planetă a lui Le Verrier echivala cu o goană după himere.
în mod evident, ceea ce observase Lescarbault nu era decât o pată solară. O astfel de pată ar fi fost staţionară pe faţa Soarelui, iar el trebuie să-şi fi imaginat că se mişcă atunci când a hotărât că era vorba de o planetă. Vulcan a dispărut din ştiinţă şi s-a întors în legendă. Medalia lui Lescarbault a dispărut şi ea, conferirea Legiunii de Onoare fiind anulată.
Lescarbault a avut o soartă tristă: bătrân şi făcut de ocară, a rupt

legăturile cu toată lumea pentru a duce un trai singuratic cu telescopul lui, până când a murit la optzeci de ani, în 1894.
în absenţa unor planete intramercuriene care să deranjeze orbita lui Mercur, cauza discrepanţei observate între poziţiile calculate şi cele reale a rămas misterioasă până la explicaţia oferită de Albert Einstein în 1915. în relativitatea generală, gravitaţia este un efect al curburii spaţiu-timpului. Orbita unei planete nu este o elipsă statică: precesia apare fără ca alte planete s-o abată de la curs. Este consecinţa naturală a curburii spaţiu-timpului în jurul Soarelui.

Când Einstein a calculat precesia lui Mercur, a reuşit să explice cele 43 de secunde de arc lipsă. Precesia lui Venus e mai mică, deoarece planeta este mai depărtată faţă de Soare, astfel încât acesta nu provoacă o curbare atât de
mare a spaţiu-timpului.
După ce a elaborat relativitatea generală, Einstein şi-a dat seama că primirea teoriei va fi controversată, deoarece era complet nouă şi conţinea concepte paradoxale, cum ar fi „curbura spaţiu-timpului”. A ezitat să o supună examinării publice, pentru că, în acea fază timpurie, era vulnerabilă la critici şi supusă îndoielii sau chiar ridiculizării. Dar,

după ce Einstein şi-a făcut cunoscută relativitatea generală, faptul că ea putea explica îndelungatul mister al orbitei lui Mercur — prin luarea în calcul a unor caracteristici pe care teoria lui Newton le ignora — i-a furnizat susţinerea de care avea nevoie. începând din 1915, relativitatea generală şi-a ţinut promisiunea faţă de astronomi, iar Mercur şi-a ţinut promisiunea faţă de relativitatea generală. Aceasta descrie traiectoria urmată de Mercur mai bine decât teoria newtoniană a gravitaţiei. Răbdătoare şi modestă, Mercur a confirmat, an după an, relativitatea generală.

O trăsătură frapantă a modului în care se comportă Mercur s-a manifestat în 1965, când planeta a fost studiată cu radarul şi s-au analizat impulsurile radio reflectate de suprafaţa sa. Frecvenţa pulsului radio reflectat de o planetă care se roteşte în jurul axei este uşor modificată. Acest lucru poate furniza informaţii cu privire la viteza de rotaţie a planetei şi, în consecinţă, la perioada ei de rotaţie. Prin această tehnică s-a descoperit că, relativ la stele, Mercur se roteşte în jurul axei de exact trei ori la fiecare două orbite în jurul Soarelui. De obicei, o „zi” este definită ca o rotaţie a planetei relativ la Soare, nu relativ la stele — de exemplu,

timpul scurs de la un răsărit de soare la următorul. Dar corelaţia ciudată dintre rotaţia şi orbita lui Mercur face ca o „zi” a acestei planete să dureze cât doi „ani”. „Anul” mercurian durează 88 de zile terestre, iar „ziua”, 176 de zile terestre.

Această relaţie stranie între „ziua” şi „anul” lui Mercur este unică între planetele sistemului solar. Excentricitatea mare a orbitei sale mai adaugă o curiozitate, anume că distanţa dintre Mercur şi Soare variază considerabil. La un anumit moment din „anul” mercurian, planeta este cu 20% mai departe de Soare decât distanţa normală, aşa încât, pentru un observator aflat pe Mercur, Soarele ar părea

cu 20% mai mic decât de obicei şi ar părea să se mişte cu 20% mai lent decât în mod normal. Mai mult, la momentul respectiv, planeta chiar se deplasează pe orbită cam cu 17% mai lent decât viteza normală, exacerbând efectul. După o jumătate de „an” mercurian, Mercur ajunge mai aproape de Soare şi totul se inversează.

Pe Pământ, Soarele răsare şi avansează constant pe cer spre vest, cu o viteză mai mult sau mai puţin constantă, păstrându-şi aproximativ aceeaşi dimensiune. în schimb, văzut de pe Mercur, Soarele îşi schimbă dramatic şi sesizabil viteza şi dimensiunea aparente de-a lungul „zilei” şi

„anului”. Să ne închipuim că suntem pe Mercur şi ne uităm pe cer; am vedea că Soarele îşi schimbă dimensiunea de la o bilă care este de două ori mai mare decât este văzută de pe Pământ la o bilă care este de trei ori mai mare. După ce ar răsări, Soarele s-ar mişca mai ales spre vest, dar ar putea rămâne nemişcat şi chiar să-şi inverseze mişcarea. Din anumite poziţii şi la anumite momente ale „anului”, Soarele ar răsări şi ar apune imediat, înainte de a răsări din nou.

Din toate aceste motive, conceperea unui ceas şi a unui calendar care să poată fi folosite de un locuitor al lui Mercur este problematică, şi eu, unul, n-am

văzut niciodată aşa ceva. Dar nici nu există vreo urgenţă în această privinţă.
Motivul acestei situaţii curioase e faptul că rotaţia lui Mercur este încetinită de Soare. Soarele exercită o forţă mareică asupra structurii lui Mercur, astfel încât planeta se roteşte în sincronism cu orbita ei în jurul Soarelui. în sine, nu e un fenomen neobişnuit şi există multe perechi planetă-satelit sau stea-stea care sunt corelate în acest mod.
Totuşi, de obicei, sincronismul care corelează mişcările de rotaţie şi de revoluţie a două corpuri astronomice apropiate este de asemenea natură, încât egalizează perioada de rotaţie şi perioada de

revoluţie (sau perioada orbitală). Aşa este sistemul Pământ-Lună, de exemplu. Perioada de rotaţie a Lunii în jurul Pământului este de o lună şi este egală cu perioada de rotaţie a Lunii în jurul propriei axe. Mercur este foarte neobişnuită prin faptul că se roteşte în jurul axei de trei ori în timp ce se roteşte în jurul Soarelui de două ori. Blocajul mareic (sau rotaţia sincronă) este un fenomen care creşte cu timpul — în trecut, Mercur se rotea mult mai rapid decât în prezent, dar a fost încetinită de atracţia mareică a Soarelui. încercând să explice de ce Mercur este blocată mareic într-un mod diferit de cel obişnuit, astronomii au

descoperit un lucru pe care nu-l bănuiseră: felul precis în care se produce blocajul mareic depinde de unele caracteristici accidentale ale configuraţiei originare a celor două corpuri. Dacă lucrurile ar fi fost diferite la începutul vieţii sistemului solar, poate că Luna noastră n-ar fi fost blocată cu o faţă îndreptată perpetuu către Pământ, iar noi am fi putut să îi vedem întreaga suprafaţă. Explorarea lui Mercur s-a limitat la numai două vizite efectuate de două sonde spaţiale. Mercur este atât de aproape de Soare, încât o navă spaţială riscă să se supraîncălzească. De asemenea, planeta îndură asaltul a numeroase furtuni de particule solare care

afectează în mod direct echipamentele electronice, atât din cauza efectelor radiaţiei nucleare, cât şi din pricina scânteilor provocate de baia de particule încărcate electric. Pe lângă asta, orbita lui Mercur ridică încă o problemă: când este lansată de pe Pământ, sonda trebuie să accelereze ca să ajungă la Mercur şi să ţină pasul cu planeta, dar apoi trebuie să încetinească pentru a se înscrie pe orbită în jurul ei. Această dificultate creşte cantitatea de combustibil care trebuie cărată la bord, reducând capacitatea sondei de a transporta echipamentul necesar descoperirilor ştiinţifice.

Toate aceste probleme au făcut ca Mercur să-şi păstreze cea mai mare parte a secretelor până în anii 1970 — chiar şi acum este una dintre planetele despre care ştim cele mai puţine lucruri. Progresele în cunoaşterea ei s-au produs când s-a găsit o cale economicoasă de a trimite o sondă spaţială spre Mercur. Trucul a fost pus la punct de Giuseppe Colombo, poreclit „Bepi”, un om de ştiinţă italian din Padova. El a cartografiat traiectoriile complicate care ar fi permis sondei să se apropie de Mercur via Venus — sau via alte planete — în modul corect, la momentul potrivit; scopul său era ca nu combustibilul rachetei, ci gravitaţia planetelor să fie cea care

ajută sonda să accelereze şi să încetinească pentru a ajunge la destinaţie.
Această „praştie gravitaţională” a fost folosită de Mariner 10, prima sondă trimisă spre Mercur, care s-a înscris pe o orbită în buclă şi a executat trei survolări ale planetei în anii 1970 (o misiune de survolare presupune trimiterea spre o altă planetă a unei sonde spaţiale care trece prin apropierea acesteia, dar fără să orbiteze în jurul ei sau să coboare pe suprafaţa sa). Din păcate, cu toate că orbita aleasă a făcut ceea ce trebuia să facă şi a adus-o pe Mariner 10 de trei ori în apropiere de Mercur, de fiecare dată planeta şi-a întâmpinat vizitatoarea cu

aceeaşi faţă, aşa încât sonda a reuşit să cartografieze doar jumătate din suprafaţa lui Mercur. A doua sondă vizitatoare s-a numit Messenger — o aluzie la locul lui Mercur în panteonul antic, dar şi un acronim pentru MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry and Ranging. Messenger a ajuns la Mercur în şase ani, folosind manevre gravitaţionale de şase ori înainte de a intra pe orbită în jurul planetei în 2011. A reuşit să cartografieze aproape întreaga suprafaţă înainte să-şi termine consumabilele, după care a fost lăsată să se prăbuşească pe suprafaţa planetei în 2015. O a treia misiune, denumită

BepiColombo (în memoria omului de ştiinţă italian), a fost lansată în 2018 şi, dacă totul va merge bine, va explora planeta Mercur timp de un an sau doi în intervalul 2024-2025.
Ca dimensiuni, Mercur se situează între un satelit şi o planetă. Având doar o treime din mărimea Pământului şi fiind doar cu o treime mai mare decât Luna noastră, este cea mai mică dintre planete şi, în consecinţă, are o gravitaţie mică. Este o planetă plăpândă, ce îşi duce traiul în proximitatea Soarelui, care se poartă nemilos cu ea. Arşiţa Soarelui se revarsă nestingherită pe suprafaţa planetei, astfel încât temperatura acesteia este

pretutindeni foarte ridicată. în consecinţă, Mercur şi-a pierdut toată atmosfera pe care a avut-o iniţial, când s-a format. Dar între timp a reuşit să dobândească o nouă atmosferă. Aceasta este foarte rarefiată şi constă în principal din hidrogen şi heliu, pe care Mercur le captează de la Soare. Ea cuprinde şi o cantitate mică de atomi ridicaţi de pe suprafaţa planetei de vântul solar. Aşa slabă cum este, Mercur se apără de rafalele vântului solar cu ajutorul câmpului ei magnetic — la fel cum câmpul magnetic terestru protejează suprafaţa şi atmosfera planetei noastre. Dar câmpul magnetic al lui Mercur nu este suficient de puternic pentru a devia

particulele solare în perioadele în care activitatea Soarelui este foarte intensă. în aceste perioade de „maximum al petelor solare”, Soarele are o mulţime de pete şi îşi foloseşte propriul câmp magnetic pentru a ataca planeta cu braţe furioase, care se rotesc ca palele unei mori de vânt. în astfel de momente, vântul solar este suficient de puternic pentru a învinge câmpul magnetic al lui Mercur şi a ajunge la suprafaţa sa. Dat fiind că atmosfera lui Mercur este atât de rarefiată, nu există o pătură de aer care să uniformizeze temperatura la suprafaţa planetei. Astfel, în timpul zilei, temperaturile variază între -183 °C la poli şi 427 °C la ecuator. Pe timpul nopţii,

rocile golaşe pierd rapid căldura acumulată, astfel încât temperatura poate scădea până la -200 °C. întrucât distanţa dintre Mercur şi Soare se modifică atât de mult în timp ce planeta se deplasează pe orbita ei excentrică, cantitatea de lumină şi de căldură proiectată asupra planetei poate să crească sau să scadă cu un factor mai mare de doi, astfel încât, la orice latitudine, temperatura la un anumit moment al zilei variază şi ea enorm.
Metalele comune, cum ar fi plumbul şi staniul, s-ar topi la ecuatorul lui Mercur, la fel şi materialele plastice. Evident, acest lucru ar fi fatal pentru echipamentele electrice, care au

componente izolate cu plastic şi cabluri lipite cu aliaj de cositor; desigur, nu este exclus să se descopere o rezolvare a acestei probleme, dar până acum nu s-a găsit nicio soluţie. Chiar şi sondele spaţiale care ajung pe orbita lui Mercur au dificultăţi în gestionarea căldurii solare, deşi se pot reorienta în spaţiu în aşa fel încât să se poziţioneze în spatele parasolarelor. Navele spaţiale care pot asoliza (adică navele de tip lander) sau vehiculele care se pot deplasa la sol (vehicule de tip rover) n-ar putea funcţiona pe Mercur.
Uneori, datorită cometelor care se izbesc de suprafaţa lui Mercur, atmosfera ei conţine mult abur.

Cometele au în compoziţia lor o mare cantitate de apă, care se vaporizează la impactul cu Mercur. Astfel, vaporii învăluie scurtă vreme întreaga planetă. Unele cratere din apropierea polilor sunt atât de adânci, încât fundul lor nu vede niciodată lumina directă a soarelui şi, în consecinţă, fac excepţie de la afirmaţia potrivit căreia suprafaţa lui Mercur este fierbinte în timpul zilei. Pe fundul acestor cratere temperatura nu creşte niciodată peste -160 °C. Din această cauză, o parte din apa provenită de la comete se condensează şi dă naştere unor petice de gheaţă care pot ajunge la o grosime de câţiva metri şi care au o durată de viaţă indefinită.

Gheaţa a fost detectată prima oară după modul în care reflectă undele radar, iar existenţa acestor petice de gheaţă a fost confirmată de sonda Messenger în 2008. Astronomii au fost surprinşi să descopere că apa poate supravieţui sub formă de gheaţă pe planeta aflată cel mai aproape de Soare, adică pe cea mai fierbinte dintre planete. O descoperire cu totul neaşteptată. Suprafaţa lui Mercur este plină de cratere, la fel ca suprafaţa Lunii. Dacă ar fi posibil să observăm peisajul mercurian dintr-un modul de asolizare bine izolat — fie direct, ca un astronaut curajos, fie cu o cameră acţionată de la distanţă —, descrierea priveliştii ar semăna cu cele pe care ni le-au

transmis astronauţii din misiunile Apollo (vezi Capitolul 5). Există cratere de toate dimensiunile, cel mai mare fiind Caloris Planitia, care are un diametru de 1 300 de kilometri, la fel de mare ca aşa-numitele maria (sau „mări”) de pe Lună — peticele cenuşii rotunde pe care le putem vedea pe Lună când privim cu binoclul şi chiar şi cu ochiul liber. La fel ca marile cratere de pe Lună, Caloris Planitia are fundul plat, acoperit de câmpii de lavă, şi este înconjurat de un inel muntos înalt de până la 2 000 de metri. Este situat pe ecuatorul lui Mercur, unde Soarele străluceşte cel mai puternic, fiind cea mai caldă regiune a planetei.

Caloris Planitia înseamnă „câmpie de căldură”.
Cu un diametru de peste 250 de kilometri, Caloris Planitia s-a format la ciocnirea cu un asteroid foarte mare, cu diametrul de circa 100 de kilometri. (Acesta a avut probabil un diametru cam de zece ori mai mare decât asteroidul care a cauzat extincţia dinozaurilor pe Pământ.) Impactul a provocat unde seismice care au zguduit întreaga planetă, iar „cutremurele mercuriene” care au urmat au dislocat şi au deplasat rocile din zona diametral opusă a planetei. Regiunea muntoasă şi deluroasă întinsă care a fost astfel creată la antipodul lui Caloris Planitia se numeşte „relief straniu”. Undele de

şoc au străbătut planeta şi s-au ciocnit pe partea opusă a lui Mercur, umplând planeta cu un zgomot seismic, astfel încât timp de câteva ore sau zile aceasta a răsunat ca un clopot. Energia generată de prăbuşirea asteroidului a crăpat suprafaţa lui Mercur, eliberând lavă din interior. Impactul a declanşat o activitate vulcanică intensă, ce a inundat suprafeţe întinse, transformându-le în câmpii de lavă netede — în contrast cu aşa-numitul relief straniu, care este deluros şi accidentat. Impactul a zdruncinat şi munţii de pe Mercur, pe versanţii acestora producându-se alunecări de teren. Coliziunea care a produs Caloris Planitia a avut consecinţe

teribile, observabile la nivelul întregii planete. Asteroidul a zdruncinat Mercur până la nucleu, iar dacă ar fi fost mult mai mare, ar fi putut distruge complet planeta. Se pare că au existat două perioade în care Mercur a fost supus unui intens bombardament cu asteroizi. Prima a fost epoca tumultuoasă de după formarea sistemului solar, când planetele tocmai se formau. Planetesimalele, adică planetele potenţiale, au atras şi au acumulat micile fragmente solide care se formaseră din materia reziduală a proto-Soarelui — adică materia expulzată de Soare în timpul condensării acestuia. în acea perioadă a evoluţiei sale, sistemul solar era

plin de asemenea fragmente de toate dimensiunile.
Unele dintre aceste fragmente s-au amalgamat şi au produs corpuri de dimensiunile asteroizilor. Dar existau şi multe rămăşiţe mai mici, de dimensiunile unor pietricele sau bolovani. O parte dintre acestea îşi continuă existenţa sub forma unor roci care orbitează în sistemul solar. Din când în când, unele dintre aceste roci primitive cad pe Pământ — meteoriţi cunoscuţi sub numele de „chondrite”. Acestea au o vechime de 4,568 miliarde de ani, stabilită prin analiza produşilor rezultaţi în urma dezintegrării radioactive înglobaţi în roci. Elementele radioactive şi produşii lor au fost înglobaţi în roci când

acestea s-au solidificat, iar apoi au început să se dezintegreze cu o viteză care poate fi măsurată cu precizie în laborator. Astronomii presupun că momentul în care rocile s-au solidificat reprezintă naşterea sistemului solar. Dat fiind cât de îndepărtat în timp este acest eveniment, e remarcabilă precizia cu care se cunoaşte data la care a avut loc.
în prima perioadă de formare a craterelor lui Mercur, impactul acestor fragmente de roci şi de asteroizi cu suprafaţa planetei a produs cratere de toate dimensiunile, de la cele mai mici la cele mai mari. în schimb, în a doua perioadă de formare a craterelor, asupra lui Mercur s-a abătut un

număr considerabil de asteroizi mari — întrucât cei mai mici s-au dezintegrat ori s- au contopit sub forma unor asteroizi mai mari —, astfel încât, în medie, craterele rezultate au fost şi ele mai mari. Această a doua perioadă este cunoscută ca Marele Bombardament Târziu.
Marele Bombardament Târziu a avut loc cu circa 3,9 miliarde de ani în urmă, cam la 600 de milioane de ani după formarea sistemului solar. Această perioadă a fost dedusă mulţumită unor informaţii furnizate nu de Mercur, ci de Lună, mai exact, pe baza vârstei rocilor colectate de pe suprafaţa selenară. Rocile provin din trei surse.

în anii 1970, circa 300 de grame de sol lunar au fost aduse pe Pământ de trei
sonde robotizate din cadrul programului sovietic Luna. Micile sonde au fost trimise pe satelitul natural al Pământului şi s-au aşezat pe suprafaţa lunară. Fiecare şi-a întins braţul robotic şi a colectat câte un eşantion de sol într-o rachetă de mici dimensiuni, pe care apoi a expediat-o înapoi spre Pământ, unde toate trei au aterizat pe întinderile stepei ruseşti.
Cam în acelaşi timp, astronauţii din misiunile Apollo au colectat — folosind cleşti şi cupe — circa o jumătate de tonă de roci lunare, le-au pus în saci numerotaţi, le-au aşezat în nişte containere din aluminiu ca nişte valize şi le- au

escortat personal pe drumul de întoarcere în SUA.
Cea de-a treia sursă o reprezintă meteoriţii de origine selenară. Până în prezent, au fost descoperite circa trei sute de fragmente care au căzut pe Pământ după ce au fost desprinse de pe suprafaţa Lunii de asteroizi care s-au izbit de ea.
Cele mai vechi roci lunare sunt cele colectate de pe podişurile selenare, regiunile mai luminoase ale Lunii. Rocile individuale prelevate din ţinuturile joase — „mările" întunecate — au vârste cuprinse între 4 şi 3,85 miliarde de ani. Deci în acest interval s-au solidificat ultima oară. Prin urmare, se pare că scoarţa lunară a

fost puternic încălzită cu 3,9 miliarde de ani în urmă. Acest lucru a fost descoperit între anii 1974 şi 1976 de un grup de astronomi de la Universitatea din Sheffield, condus de Grenville Turner. Ei au sugerat că, după ce Luna s-a solidificat prima oară cu circa 4,5 miliarde de ani în urmă, asteroizii i-au bombardat masiv suprafaţa timp de 200 de milioane de ani, începând cu 4 miliarde de ani în urmă, şi astfel au retopit-o. Grupul din Sheffield a numit acest eveniment „cataclismul lunar” — o denumire timpurie pentru Marele Bombardament Târziu.
Motivul pentru care a avut loc acest bombardament a rămas un mister nerezolvat. Se poate să fi

fost o ciocnire uriaşă între doi asteroizi mari sau între două planete, în urma căreia au rezultat fragmente, inclusiv unele foarte mari, care au fost împrăştiate în întregul sistem solar, ciocnindu-se cu tot ce- au întâlnit în cale. O altă posibilitate este ca asteroizii, care până în acel moment se roteau liniştiţi pe orbitele lor, să fi fost deranjaţi de mişcarea planetelor-gigant, Jupiter şi Saturn, şi împrăştiaţi pretutindeni. Conform unei teorii cunoscute sub numele de Marele Viraj (Grand Tack), când planetele- gigant încă se roteau în interiorul discului de resturi rezultate în urma formării sistemului solar, Júpiter, influenţată tocmai de aceste resturi, s-a

apropiat de Soare. Dacă n-ar fi fost întreruptă, această migraţie ar fi adus-o pe Júpiter mult mai aproape de Soare, ceea ce ar fi făcut ca sistemul nostru să semene cu multe alte sisteme planetare descoperite recent. Multe sisteme exoplanetare au aşa-numiţi „jupiteri fierbinţi” — planete gazoase enorme, care trebuie să se fi format în zone depărtate ale sistemelor lor planetare, dar care apoi au migrat spre interior. Acum, acestea sunt mult mai fierbinţi decât înainte, materialul lor gazos evaporându-se şi disipându-se. Júpiter din sistemul nostru a evitat această soartă, deoarece, ca urmare a unui concurs de factori (vezi Capitolul 9), şi-a inversat

cursul şi a virat asemenea unei ambarcaţiuni pentru a naviga împotriva curentului, întorcându-se pe o orbită finală mai depărtată de Soare. în drumul său, Júpiter a împrăştiat resturi şi asteroizi, trimiţând fragmente de rocă spre Mercur, dar şi spre Pământ şi Lună.

Al treilea şi, în multe privinţe, cel mai interesant scenariu pentru a explica Marele Bombardament Târziu a fost propus după elaborarea a ceea ce astronomii numesc „Modelul de la Nisa” (sau „Simularea de la Nisa”), care a devenit popular pentru că oferă perspectiva de a explica mai multe secrete din viaţa planetelor. Astfel, cu o singură teorie se pot obţine

mai multe explicaţii — iată un model nu doar puternic, ci şi economicos!
Munca de creare a acestei simulări s-a efectuat în 2005 în oraşul francez Nisa, la Observatorul Coastei de Azur, de către un grup internaţional de matematicieni condus de Alessandro Morbidelli.
Potrivit Modelului de la Nisa, ceea ce s-a întâmplat în primul miliard de ani al istoriei sistemului solar poate fi asemuit cu un gigantic joc de biliard interplanetar, jucat de nişte copii hiperactivi lăsaţi să-şi facă de cap.
Modelul de la Nisa este una dintre modalităţile de a calcula cum anume este posibil să fi interacţionat planetele în etapa

când ele abia se formaseră în sistemul solar. Ca urmare a limitărilor impuse de „teoria haosului” (vezi Capitolul 1), nu este posibil să ştim precis ce s-a întâmplat în trecutul îndepărtat. Prin urmare, este imposibil să stabilim cu exactitate în ce loc anume şi pe ce fel de orbite şi-au dus viaţa planetele în acel trecut îndepărtat. Acesta este un secret al tinereţii lor pe care şi-l vor păstra. Dar ce putem face este să realizăm nişte simulări: acestea sunt calcule referitoare la un mare număr de scenarii posibile, cu grade diferite de inventivitate, care merg de la mici modificări ale detaliilor la schimbări de amploare în arhitectura sistemului solar, cum ar fi numărul planetelor. Apoi

astronomii pot să vadă care dintre simulări se potriveşte cel mai bine cu ceea ce se ştie deja. Cele mai plauzibile caracteristici ale simulărilor sunt cele care sunt recurente într-o mare proporţie a calculelor. Acestea sunt considerate a fi apropiate de ceea ce s-a întâmplat deja. Modelul de la Nisa este rezultatul obţinut în urma distilării tuturor acestor încercări de a calcula ceea ce s-a întâmplat în acea epocă îndepărtată.
Simularea propusă de Modelul de la Nisa începe într-o perioadă în care aproape toată materia din norul interstelar care a dat naştere Soarelui a fost proiectată în afara sistemului solar, cu excepţia

fragmentelor de material solid. Aceste fragmente solide se aflau pe orbite în jurul Soarelui, la fel ca planetele, cometele şi asteroizii de acum, dar erau mult mai numeroase şi împrăştiate pretutindeni. Corpurile solide care s-au agregat şi au format planetele sunt denumite planetesimale, iar în acea perioadă a sistemului solar existau foarte multe planetesimale. Ele se mişcau printre planete. La acea vreme, existau cele patru planete exterioare pe care le cunoaştem astăzi, anume cei patru giganţi gazoşi (Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun), şi probabil peste şase „planete terestre” interioare. Peste şase înseamnă cu câteva mai mult decât cele patru

planete interioare pe care le avem acum (Mercur, Venus, Pământ şi Marte). Planetele-gigant erau aproape de orbitele lor curente, dar probabil că şi acestea erau mai multe, cinci sau chiar şase, nu doar patru.
Potrivit Modelului de la Nisa, au existat ciocniri atât între planetesimale, cât şi între planetesimale şi planete. Unele dintre aceste planetesimale (marea lor majoritate, probabil) au fost proiectate în afara sistemului solar — acestea sunt acum asteroizi interstelari, mici lumi care călătoresc veşnic în întunecimea rece a spaţiului, departe de lumina şi căldura Soarelui, orfani rătăciţi

în spaţiul pustiu al galaxiei noastre.
Este foarte probabil ca acelaşi lucru să se fi întâmplat şi cu alte sisteme planetare. Şi e posibil ca, la un moment dat în viitor, una dintre aceste planetesimale devenite asteroizi să-şi facă apariţia din spaţiul interstelar şi să traverseze ca un fulger sistemul nostru solar. Nu este exclus ca acest lucru să se fi întâmplat deja. Există câţiva asteroizi care se rotesc pe orbitele lor în sens invers, iar unii astronomi speculează că aceştia ar fi putut fi capturaţi din spaţiu. Apoi, în 2017, telescopul Pan-STARRS din Hawaii a descoperit un asteroid care a fost surprins „în flagrant” tocmai când

cădea în sistemul nostru solar cu o viteză neobişnuit de mare, venind din exteriorul acestuia.
Una dintre ipoteze a fost că acest corp rătăcitor ar fi o cometă, însă nu avea nelipsita coadă a cometelor. De asemenea, corpul s-a dovedit a fi nefiresc de lung şi de subţire, schimbându-şi strălucirea în timp ce se rotea: era mai întunecat când avea unul dintre capete îndreptat spre noi şi mai strălucitor când era văzut din lateral. Potrivit unei a doua ipoteze, acesta ar fi fost un asteroid interstelar, atras de Soare în sistemul nostru planetar. Potrivit celei de-a treia supoziţii, obiectul era lung şi subţire pentru că era o navă spaţială interstelară.

Deşi pare fantezistă, ideea a căpătat mai multă credibilitate când s-a descoperit că orbita obiectului nu era controlată numai de gravitaţie, asupra ei exercitându-se o forţă suplimentară, provenită de la un fel de sistem de propulsie. Unii astronomi au susţinut că de fapt este vorba despre un soi de cometă, viteza ei ridicată datorându-se nu originii sale interstelare, ci efectului de rachetă produs de jeturile de gaz îndreptate în spate, care o propulsează pe traiectorie. Un astronom a sugerat că aceasta ar avea o aşa-numită „velă solară”. Aceasta este un dispozitiv care a fost propus de inginerii spaţiali

pentru a valorifica impulsul provenit de la lumina solară sau stelară care cade pe o pânză reflectorizantă de mari dimensiuni. Probabil că nişte fiinţe extraterestre au construit un astfel de dispozitiv pentru propulsia unei nave spaţiale care să viziteze şi să exploreze alte sisteme planetare din galaxia noastră, inclusiv pe cel solar.
Oricare ar fi adevărul despre acest vizitator ciudat, cert este că el se întoarce acum cu repeziciune în spaţiul cosmic şi nu va mai reveni. Au mai fost şi alţi astfel de vizitatori, dintre care unii s-au stabilit în domeniul de influenţă al Soarelui, deghizându-se în asteroizi. Acest vizitator este

primul care a fost observat trecând pe lângă Soare asemenea unei corăbii cu pânze, care, din pricina vântului puternic, nu reuşeşte să pătrundă în port. Numele care i-a fost atribuit reflectă convingerea că ar avea origine interstelară. Astronomii care lucrează la telescopul Pan-STARRS din Hawaii i-au consultat pe localnici în privinţa unor sugestii. Corpul a fost numit 'Oumuamua, care în hawaiiană
înseamnă „primul mesager sosit din depărtări”.
'Oumuamua a trecut de punctul cel mai apropiat de Soare al traiectoriei sale şi apoi a trecut pe lângă Pământ la o distanţă de circa 24 de milioane de kilometri. Asta înseamnă cam de 60 de ori distanţa

dintre planeta noastră şi Lună — o distanţă foarte mică la scară cosmică. Dacă în viitor sistemul nostru solar va fi vizitat de un corp interstelar cu dimensiuni semnificativ mai mari, acesta ar putea perturba orbitele planetelor în mai mare sau mai mică măsură, în funcţie de cât de apropiată de ele îi va fi traiectoria, ceea ce va avea consecinţe imprevizibile.
Când au fost ejectate din sistemul nostru solar, planetesimalele au imprimat planetelor rămase în sistem un impuls retrograd. Astfel, planetele-gigant au migrat treptat către Soare. După zeci sau sute de milioane de ani, Jupiter şi Saturn, giganţii gazoşi cei mai apropiaţi de Soare, au ajuns în rezonanţă,

parcurgerea a două orbite jupiteriene durând tot atât cât completarea unei singure orbite saturniene. Această rezonanţă Jupiter/Saturn se numeşte „rezonanţă de 2:1” (se citeşte „doi la unu”). Ea pune cele două planete într-o relaţie care are un efect profund asupra celorlalte planete şi a miriadei de corpuri mai mici din sistemul solar, fragmentele rămase în urma procesului de constituire a planetelor. Efectul provine din natura „rezonanţei”. Când un părinte împinge leagănul copilului, avem un exemplu de rezonanţă. Copilul este împins o dată şi începe să se legene, apoi este împins din nou de părinte şi astfel leagănul ajunge mai departe.

La fiecare întoarcere a copilului, părintele îl împinge din nou — astfel, amplitudinea legănării creşte treptat, aşa cum vrea copilul. Dar împingerea nu trebuie să aibă loc la fiecare legănare. Acelaşi efect s-ar obţine şi dacă părintele l-ar împinge din două în două legănări, într-o rezonanţă de 2:1. Esenţial este ca fiecare împingere să aibă loc în acelaşi punct al ciclului legănării. în mod similar, când două planete intră în rezonanţă, ele creează un câmp de forţe gravitaţionale care generează repetarea indefinită a aceluiaşi efect, ceea ce poate perturba orbita unei a treia planete aflate în apropiere.

La începutul simulării propuse de Modelul de la Nisa, Jupiter şi Saturn se aflau aproape în rezonanţă. Ejectarea aleatorie a unora dintre planetesimale le-a adus mai aproape de rezonanţă şi, în cele din urmă, le-a plasat în rezonanţă. Câmpul de forţe gravitaţionale augmentat pe care l-au creat în continuare a afectat toate celelalte planete. Câteva dintre ele au fost ejectate în spaţiu. în ceea ce priveşte planetele terestre (cele stâncoase, din apropierea Soarelui), efectul a fost că au rămas doar patru la număr, şi anume cele pe care le cunoaştem astăzi (Mercur, Venus, Pământ, Marte).

în acea perioadă a sistemului solar, era posibilă o viaţă viitoare contrafactuală pentru Pământ, în care planeta noastră ar fi putut deveni o planetă interstelară, care să rătăcească prin Galaxie ca un coiot singuratic prin preria pustie şi îngheţată. Pământul nu a avut o asemenea soartă, dar este posibil ca asta să i se fi întâmplat unuia dintre foştii vecini ai planetei noastre. Poate că aceasta a fost soarta super-Pământului din sistemul nostru solar, dacă am avut aşa ceva.

Cert e că evenimentele care ar fi putut arunca Pământul din sistemul solar nu au avut loc. Totuşi, în această perioadă haotică a dezvoltării sistemului solar,

Pământul şi-a tot deplasat orbita când mai aproape, când mai departe de Soare. în final, planeta noastră a ajuns în aşa-numita Zonă Goldilocks a sistemului solar, care a făcut posibilă evoluţia vieţii. A fost un noroc.
Restul sistemului solar a fost de asemenea afectat. Asteroizii au fost atraşi şi azvârliţi de pe orbitele lor, perturbaţi de forţele gravitaţionale masive ale lui Jupiter şi Saturn. Unii asteroizi s-au intersectat cu orbitele regulate ale planetelor, prăbuşindu-se pe suprafaţa lor, mai ales pe ale celor mai apropiate de Soare, cum ar fi Mercur. Impactul acestor asteroizi a creat craterele pe care le vedem astăzi — probabil că acesta a fost evenimentul

cosmic pe care îl cunoaştem ca Marele Bombardament Târziu. Bineînţeles, dacă Mercur a suferit efectele Marelui Bombardament Târziu, la fel s-a întâmplat cu Pământul şi cu Luna. Evenimentul a provocat pe Lună 1 700 de cratere cu diametrul mai mare de 20 de kilometri şi, statistic vorbind, ar fi trebuit să avem de zece ori mai multe cratere pe Pământ — iar unele dintre ele ar fi trebuit să aibă un diametru de 1 000 de kilometri. Craterele terestre au fost erodate de trecerea a 3,9 miliarde de ani, dar în compoziţia sedimentelor din adâncurile oceanelor există unele dovezi potrivit cărora Marele Bombardament Târziu a avut loc şi pe Pământ. De asemenea,

straturile de sedimente formate în această perioadă în Groenlanda şi Canada au „supravieţuit” şi pot fi analizate.
Există diferenţe de compoziţie între materialele de origine extraterestră şi cele care provin de pe Pământ. Unele elemente chimice sunt mai abundente în materialul meteoritic decât în cel al scoarţei terestre. O altă diferenţă se referă la compoziţia izotopilor. Izotopii unui element chimic sunt variante ale acestuia care diferă prin compoziţia nucleară, iar proporţiile diferiţilor izotopi dintr-un material reflectă procesele chimice care au dus la producerea lui. Compoziţia sedimentelor din Groenlanda şi

Canada care datează de acum 3,9 miliarde de ani sugerează că acestea conţin mai mult material meteoritic decât ar fi normal, de aici presupunerea că a fost adus pe Pământ în timpul Marelui Bombardament Târziu.
Ar putea fi semnificativ şi faptul că fosilele care dovedesc apariţia vieţii pe Pământ par să aibă o vechime mai mică de 3,9 miliarde de ani; dacă viaţa a evoluat şi într-o perioadă anterioară, cu siguranţă a fost grav afectată de Marele Bombardament Târziu, iar urmele ei au fost şterse de pe Pământ. Pe de altă parte, e posibil ca tocmai Marele Bombardament Târziu să fi declanşat evoluţia vieţii, asteroizii aducând pe Pământ o mare

cantitate de apă şi de molecule organice, apa fiind încălzită de bombardament. Aceasta se poate să fi fost perioada din istoria Pământului la care se referea Charles Darwin când a scris (în 1871) că viaţa şi-ar fi avut originea „într-un mic iaz călduţ... în care s-a format un compus proteic gata să treacă prin schimbări şi mai complexe...” Acest „mic iaz” a fost oceanul de pe Pământul primitiv, apa şi substanţele chimice organice fiind aduse pe planeta noastră de asteroizi şi comete, apoi încălzită de energia bombardamentului şi de energia geotermală.

Prin urmare,
secretul vieţii lui
Mercur, înscris pe
suprafaţa sa ciuruită
de cratere, este un
indiciu pentru viaţa
secretă a
Pământului şi
pentru secretului
vieţii înseşi

.Capitolul 3

Venus: o faţă urâtă în spatele unui văl frumos

* Clasificare ştiinţifică: planetă terestră.
* Distanţă faţă de Soare: 0,72 x distanţa Pământ-Soare = 108,2 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 225 de zile.

* Diametru: 0,949 x diametrul

Pământului = 12 104 km.

* Perioadă de rotaţie: 243 zile.

* Temperatură medie a suprafeţei:

464 °C.

* Dorinţă secretă: „Sper ca schimbările climatice care au loc pe geamăna mea să nu fie la fel de drastice cum au fost pentru mine”.

Zeiţa Venus era personificarea frumuseţii; în mod similar, pe cer sunt puţine lucruri care să rivalizeze cu imaginea splendidă a planetei Venus. Strălucitor de albă ca luceafăr de seară, pe fondul galben, oranj şi roşu al apusului de soare, sub violetul-închis al cerului, Venus este inconfundabilă, atât prin culoarea ei pură, cât şi prin strălucirea intensă.

Asemenea lui Mercur, planeta Venus se roteşte pe o orbită situată

între Pământ şi Soare, trecând dintr-o parte în alta a Soarelui, iar perioada ei sinodică (intervalul dintre momentele când ajunge cel mai aproape de Pământ) este de 584 de zile. Astfel, Venus este luceafăr de seară timp de câteva săptămâni, la intervale de circa un an şi jumătate. în Antichitate, la fel ca Mercur, Venus avea două nume, ca şi cum ar fi fost două planete separate:
Hesperus sau Vesper (seara) şi Phosphorus sau Lucifer (dimineaţa). în cele din urmă, lumea ştiinţifică elenică şi-a dat seama că acestea erau apariţii ale uneia şi aceleiaşi planete. Apariţiile matinale ale lui Venus sunt la fel de frumoase ca cele de

seară. De fapt, claritatea şi imobilitatea aerului în acea jumătate de oră magică şi răcoroasă în care apar zorii zilei adaugă apariţiilor matinale ale lui Venus o puritate care le face şi mai impresionante. Dacă o văd pe Venus în zori, când îmi părăsesc telescopul după o noapte petrecută într-un observator situat pe un vârf de munte rece, simt că-mi creşte inima şi uit că sunt frânt de oboseală.

Venus este cel mai strălucitor obiect ceresc, exceptând Soarele, Luna şi apariţiile sporadice ale stelelor care explodează (supernove). În afara acestor trei cazuri, numai reflexiile de la Staţia Spaţială Internaţională (SSI)

rivalizează cu Venus. Şi mă întristează puţin că, în momentele de maximă strălucire, staţia construită de om poate, pe perioada scurtă a trecerii ei pe cer, să depăşească şi să distragă atenţia de la splendoarea naturală a acestei planete.
Aşadar Venus este cea mai strălucitoare planetă. Trei dintre cele patru explicaţii ale acestui fapt sunt că este mare, că este apropiată de soare şi că este apropiată de noi — interceptează o mare cantitate de lumină de la Soare, iar lumina pe care o reflectă nu este diminuată de distanţa destul de mică parcursă până la noi. Al patrulea motiv este că

reflectă o mare parte din lumina solară care cade asupra ei.
Asta pentru că Venus este complet învăluită de nori albi. Norii reflectă trei sferturi din lumina solară care cade asupra planetei, ceea ce înseamnă că are un albedo (capacitate de reflexie) de câteva ori mai mare decât media celorlalte planete. Dar pătura de nori înseamnă că frumuseţea lui Venus este de fapt frumuseţea unui văl, care ascunde în totalitate realitatea urâtă a feţei sale brăzdate de cicatrici.
îmi aduc aminte cum, ca elev pasionat de astronomie, îndreptam noapte de noapte micul meu telescop artizanal spre Venus, încercând să-i surprind secretele.

Arăta în mare ca o bilă de biliard albă, iluminată dintr-o parte. Mă străduiam să văd prin nori suprafaţa misterioasă de dedesubt. Când şi când, unii astronomi reuşesc să vadă cu telescoapele lor contururi vagi pe suprafaţa lui Venus, dar singurele trăsături pe care eu le-am putut vedea au fost micile neregularităţi ale graniţei dintre jumătatea iluminată şi jumătatea întunecată a planetei. Ulterior am aflat că acestea erau umbre aruncate de vârfurile norilor aflaţi la diferite înălţimi. Eram încântat că ştiu un mic amănunt despre această lume acoperită cu un văl. Nu era ceva la fel de spectaculos ca întrezărirea suprafeţei, dar îmi imaginam că

zbor printre acei nori impunători, cu stelele deasupra mea şi cu Venus ascunsă sub mine. Poate că astfel de gânduri m-au determinat să devin astronom, cu toate că aveam de înfruntat dispreţul colegilor mei de la şcoală, care nu înţelegeau ce găseam atât de pasionant la imaginea unei sfere albe.

Micul meu telescop din acea vreme avea avantajul unor lentile moderne, dar era doar cu puţin mai bun decât cel folosit de fizicianul italian Galileo Galilei pentru a o observa pe Venus în 1610. Am văzut şi eu ce a văzut el. Conform standardelor moderne, telescoapele lui Galileo erau primitive: aveau lentile mici,

nesofisticate, sprijinite pe suporturi fragile, aşezate pe mese. Cu toate acestea, puterea de concentrare a luminii şi de amplificare a imaginilor oferită de aceste telescoape era o mare îmbunătăţire faţă de performanţele ochiului omenesc. Două dintre telescoapele lui Galileo au supravieţuit şi sunt expuse într-un muzeu din Florenţa, lentilele unuia dintre ele fiind acum păstrate într-o casetă din fildeş ornamentat, crăpată în momentul manipulării neatente de către unul dintre servitorii familiei Medici. Lentilele au o apertură de 40-50 mm (faţă de valoarea tipică de 6 mm a ochiului adaptat la întuneric) şi măresc de 15-20 de ori. Galileo putea să vadă

considerabil mai multe lucruri decât oricine înaintea lui. Galileo a observat că, la distanţa cea mai mare faţă de Soare, Venus apărea sub formă de semilună, cu partea luminoasă îndreptată spre Soare. Dar, pe măsură ce se apropia de Soare, partea luminoasă sau creştea şi căpăta forma unui disc luminos (dacă trecea prin spatele Soarelui), sau se îngusta, căpătând forma unei lame de seceră (dacă trecea prin faţa Soarelui). Această descoperire a făcut ca Venus să capete un loc important în istoria ştiinţei. Galileo şi-a formulat descoperirea sub forma unei anagrame în latină, pe care a trimis-o de la Padova colegului astronom Johannes Kepler din

Praga. Anagrama s-a răspândit în toată lumea ştiinţifică. Fraza codificată era: Haec immatura a me jam frustra leguntur o.y. în traducere: „Lucruri necoapte pentru dezvăluire sunt citite de mine” — literele „o” şi „y” de la final sunt cele pe care Galileo nu a reuşit să le includă în anagramă. Rearanjate, literele anagramei dau fraza: Cynthiae figurae aemulatur mater amorum, care se traduce astfel: „Mama îndrăgostiţilor imită formele Cynthiei”. Sau, mai pe înţelesul nostru: „Venus are faze la fel ca Luna”.
Folosirea anagramelor pentru compunerea de anunţuri codificate era larg răspândită în secolul al XVII-lea, având scopul de a ajuta la

stabilirea paternităţii unei descoperiri. Anagrama era transmisă de la o persoană la alta cu lentoarea cu care, la acea vreme, se răspândeau veştile. Când soluţia anagramei era anunţată de către autor, toată lumea putea să-şi dea seama cine făcuse descoperirea.

Simultan cu observarea fazelor lui Venus, Galileo a descoperit un lucru pe care Copernic îl menţionase în 1543, în cartea sa despre modelul sistemului solar, în care afirmase că planetele se mişcă în jurul Soarelui — teoria heliocentrică a sistemului solar. El a susţinut că mărimea lui Venus ar trebui să pară că se schimbă în timp ce se apropie şi apoi se

îndepărtează de Pământ. Mai exact, când Venus se afla cel mai departe de Pământ (adică în spatele Soarelui), distanţa dintre ea şi planeta noastră trebuia să fie de peste patru ori mai mare decât atunci când se afla cel mai aproape de noi (adică între Soare şi Pământ). Galileo a descoperit că, într-adevăr, Venus îşi schimba dimensiunea în funcţie de poziţie — avea dimensiunea cea mai mică atunci când îşi arăta în întregime faţa şi dimensiunea cea mai mare, când lua formă de seceră. Descoperirea fazelor lui Venus de către Galileo a fost importantă, pentru că a demonstrat indubitabil că planeta se roteşte în jurul Soarelui pe o orbită situată în

interiorul orbitei Pământului. Când Venus se află dincolo de Soare, are faţa îndreptată direct către Soare şi Pământ; faţa ei este complet luminată, la fel ca Luna plină, şi este mică deoarece se află la distanţa cea mai mare de planeta noastră. în schimb, când Venus se mişcă între Pământ şi Soare, are faţa îndreptată spre Soare, iar spatele neluminat îndreptat spre Pământ, de unde este văzută ca o semilună mare şi subţire. Era exact ce sugerase
Copernic. Astfel, Galileo a demonstrat validitatea modelului heliocentric al sistemului solar. Ceea ce observase el nu se potrivea cu modelul anterior, cel geocentric, potrivit căruia Venus se

rotea pe o orbită circumterestră, aflată în interiorul orbitei Soarelui (despre care se credea că se învârte şi el în jurul Pământului). Dacă aşa ar fi stat lucrurile, Venus ar fi avut aceeaşi dimensiune tot timpul.
Galileo a ştiut că descoperirea lui va fi criticată aspru de unii oameni. în prima zi a anului 1611, el a publicat soluţia anagramei venusiene, explicând că existenţa fazelor înseamnă că planeta se roteşte pe o orbită în jurul Soarelui:
Acest lucru a fost presupus de pitagoricieni, de Copernic, de Kepler şi de mine însumi, dar niciodată n-a fost dovedit aşa cum este acum. Aşadar Kepler şi

copernicanii se pot lăuda că teoriile lor sunt corecte, cu toate că, drept consecinţă, vom fi luaţi cu toţii de nebuni de filosofii cei pedanţi, care ne vor privi ca pe nişte oameni grei de cap sau lipsiţi de simţ comun.
Din păcate, Galileo a prevăzut corect controversa pe care o vor genera ideile sale. A fost convocat de Inchiziţie, judecat şi declarat eretic pentru că susţinea lucruri contrare Scripturii. Obligat să retracteze şi supus interdicţiei de a-şi comunica în vreun fel descoperirile astronomice, a fost plasat în arest la domiciliu până la moartea sa în 1642. Cu toate acestea, Galileo a avut dreptate,

iar Venus şi-a păstrat locul important în istoria ştiinţei. Fazele lui Venus nu sunt o trăsătură intrinsecă a planetei, ci consecinţe ale orbitei lui Venus şi ale poziţiei sale relative faţă de Soare şi Pământ. Dar care este, de fapt, natura lui Venus? Din cauza păturii groase şi neîntrerupte de nori, se ştiau puţine lucruri despre ea înainte de secolul XX. Iar asta a dat frâu liber astronomilor să-şi imagineze cum ar putea arăta suprafaţa planetei sub stratul de nori. Venus are cam aceeaşi mărime ca Pământul şi era considerată planeta geamănă a Terrei. în mod evident, are o atmosferă. Planeta se află mai aproape de Soare decât Pământul

(mai exact, la 0,75 din distanţa care separă planeta noastră de Soare), aşa încât s-a presupus că trebuie să fie mai caldă şi, pornind de la supoziţia că norii erau alcătuiţi din picături de apă (la fel ca norii tereştri), clima ei era considerată a fi umedă. Astfel, de-a lungul istoriei, mulţi astronomi au fost de părere că, dintre toate planetele sistemului solar, Venus avea cea mai mare probabilitate să găzduiască viaţa. Tot ce se ştia despre Venus sugera că avea o climă asemănătoare celei din ţările calde ale Pământului — precum şi locuitori asemănători cu ai acestora. în 1686, o carte intitulată Conversaţii asupra pluralităţii lumilor, scrisă de

autorul francez Bernard de Fontenelle, tradusă în engleză în 1700 de Aphra Behn (una dintre primele femei din Anglia care a scris cărţi şi piese de teatru), a introdus stereotipurile rasiste, pline de superioritate ale vremii în ideile despre potenţialii locuitori ai lui Venus:

> întrucât Venus e mai apropiată de Soare decât noi, clima ei primeşte de la acesta o lumină mai strălucitoare şi o căldură mai însufleţitoare... Locuitorii lui Venus sunt... mici domni arşi de soare, mereu îndrăgostiţi, plini de viaţă şi înflăcărare, pasionaţi de poezie şi mari melomani, care în fiecare zi născocesc petreceri, baluri şi

festivităţi pentru a-şi înveseli amantele.
Această imagine a unei planete atât de asemănătoare cu Pământul s-a dovedit a fi departe de adevăr. în realitate, sub acei nori albi şi puri se ascunde un secret întunecat. Ei acoperă o faţă urâtă şi o situaţie infernală, în care este greu, ba chiar imposibil să-ţi imaginezi că ar putea exista viaţă. Suprafaţa lui Venus este acoperită de un strat steril, solzos şi negru de rocă vulcanică, brăzdat de râurile de lavă — acum întărită — care s-au revărsat din numeroşii ei vulcani. Planeta are o atmosferă foarte densă: presiunea atmosferică la suprafaţa ei este de 90 de ori mai mare decât cea de pe

Pământ, fiind echivalentă cu presiunea existentă la o adâncime de circa 1 000 de metri în ocean. Cam aceasta este şi adâncimea maximă la care operează de obicei submarinele terestre, deşi submarinele de cercetare şi cele de salvare, care au o construcţie specială, pot coborî la adâncimi şi mai mari. Atmosfera lui Venus este alcătuită în proporţie covârşitoare din dioxid de carbon, la care se adaugă azot şi mici cantităţi de acid sulfuric, acid clorhidric şi acid fluorhidric. Picăturile condensate ale acestor acizi formează ploi acide care ar asigura o moarte rapidă navelor spaţiale care ar ajunge pe suprafaţa planetei.

Norii sunt formaţi din picături de acid sulfuric, nu de apă. Lumina trece cu greu prin atmosfera densă şi sulfuroasă, colorând suprafaţa planetei într-un galben funest. Foarte puţine dintre aceste detalii despre Venus erau cunoscute înainte de Epoca Spaţială; se ştia doar compoziţia generală a atmosferei, densitatea ei ridicată, precum şi temperatura ei foarte înaltă — principalul factor care face imposibilă viaţa pe Venus. în 1956, un pionier al radioastronomiei, Corneli H. Mayer, şi colegii săi de la US Naval Research Laboratory au strâns informaţii despre microundele emise de Venus — aceste radiaţii cu lungimi de undă mai mari

provin din straturile adânci ale atmosferei venusiene. Ei au descoperit indicii potrivit cărora suprafaţa are o temperatură foarte ridicată, mult mai mare decât cea a Pământului, îndeajuns de ridicată pentru a topi plumbul.
Primul vizitator spaţial al lui Venus a fost sonda americană Mariner 2, care a survolat planeta în 1962. Noul model de rachetă care ar fi trebuit să lanseze Mariner 2 a întâmpinat probleme în procesul de construcţie, astfel încât a trebuit folosit un model anterior. Acesta avea dimensiuni şi o capacitate de transport mai mici. în consecinţă, echipamentul de pe Mariner 2 a fost considerabil redus faţă de planurile iniţiale. Cu toate acestea,

misiunea a fost un succes. Investigaţiile radio făcute cu şase ani înainte sondaseră atmosfera venusiană de la distanţă şi rezultatele nu fuseseră exacte. Principalul rezultat ştiinţific obţinut de Mariner 2 a fost confirmarea de la mică distanţă a faptului că temperatura la suprafaţa lui Venus este foarte ridicată, mai exact, peste 400 °C. în anii 1960 şi 1970 au urmat alte sonde Mariner. Dar cunoştinţele cele mai detaliate privind natura suprafeţei venusiene au venit de la o serie de sonde de tip lander paraşutate de sovietici sub pătura de nori. în anii 1960, NASA a hotărât să se concentreze asupra programului Apollo, care îşi

propunea să trimită astronauţi pe Lună, în virtutea provocării „Noi am ales să ajungem pe Lună”, lansată de preşedintele Kennedy în 1962. între timp, Uniunea Sovietică şi-a stabilit drept ţinte principale ale cercetării spaţiale planetele cele mai apropiate, Venus şi Marte. în 1967, seria de sonde spaţiale sovietice Venera, proiectate iniţial de expertul în inginerie spaţială Serghei Koroliov, a început explorarea ştiinţifică a lui Venus. La fel ca Mariner 2, primele sonde Venera au avut misiuni de survolare, fiind dotate cu echipamente de detecţie de la distanţă. Acestea au fost urmate de câteva sonde care au pătruns în atmosfera lui Venus cu ajutorul

unor paraşute, cu scopul de a-i măsura în mod direct proprietăţile timp de o oră, cât dura coborârea. Sondele au fost supuse unor vânturi foarte puternice, cu viteze de peste 300 km/h, deoarece atmosfera lui Venus are o rotaţie foarte rapidă, în contrast cu rotaţia planetei. Spre deosebire de celelalte planete, rotaţia lui Venus este retrogradă, iar perioada ei de rotaţie este de 243 de zile. în schimb, la ecuator, regiunile superioare ale atmosferei se rotesc o dată la fiecare 4 zile.
Singurele nave spaţiale care au aterizat pe suprafaţa lui Venus au fost sondele Venera, construite pentru programul spaţial sovietic. Sondele au fost realizate la

Moscova de un institut de ştiinţe spaţiale denumit Asociaţia Lavocikin, în colaborare cu o companie aerospaţială rusească cu o denumire similară, care fabrică avioane de război. Cu prilejul unei vizite acolo, mi-a fost arătat muzeul ei privat, care găzduieşte echipamente din perioada programului spaţial sovietic. Am privit plin de admiraţie capsula în formă de ghiulea de tun folosită în programul Luna. Era chiar cea trimisă pe Lună cu o sondă spaţială lander, care a umplut-o cu sol lunar şi apoi a propulsat-o înapoi spre Rusia. Era înnegrită şi plină de zgârieturi de la coborârea cu mare viteză prin atmosferă şi de la aterizarea în stepele ruseşti. Dar

era solidă şi a rămas etanşă, mica ei încărcătură fiind livrată necontaminată oamenilor de ştiinţă sovietici, spre a fi analizată. Sondele spaţiale Venera (eu am văzut exemplarele de rezervă — cele trimise pe Venus au rămas acolo) erau foarte robuste, cu îmbinări solide realizate cu nituri. Semănau mai degrabă cu vechile locomotive decât cu nişte nave spaţiale. Inginerii care le construiseră înţeleseseră pe deplin că aveau să fie paraşutate într-un mediu foarte aspru, cu o presiune zdrobitoare.
Prima sondă care a coborât pe suprafaţa unei alte planete decât a noastră a fost Venera 7, în 1970. însă ceva n-a mers cum era

prevăzut în timpul coborârii spre Venus, care a fost mult mai rapidă decât se prevăzuse. Sonda s- a lovit de suprafaţă cu viteza unei maşini implicate într-un accident rutier grav, ceea ce a provocat deteriorarea echipamentului. Dar, întrucât landerul era atât de solid construit, n-a fost distrus. S-a răsturnat pe o parte, cu antena radio îndreptată în direcţie opusă Pământului. Cu toate acestea, un semnal radio slab a asigurat 20 de minute de informaţii despre condiţiile de la suprafaţa lui Venus. Venera 8 a fost prima din această serie (1972-1984) care a coborât fără probleme pe planetă. în medie, fiecare misiune a supravieţuit pe Venus în

jur de o oră, până când condiţiile atmosferice şi căldura foarte intensă au provocat defectarea echipamentelor.
Aceste misiuni au arătat că, deşi stratul gros de nori ai lui Venus nu coboară până la suprafaţa planetei, vizibilitatea peisajului este limitată. Sondele asolizate au putut vedea coline aflate la distanţe de maximum 3-5 kilometri. La baza lor se întindea un talmeş-balmeş de roci vulcanice negre. Structura peisajului înconjurător la distanţe mai mari a rămas un mister.
Explorarea lui Venus prin observare la faţa locului, în lumina naturală a planetei, are limitări serioase. însă radarul poate să penetreze norii, drept care aceasta

a fost metoda aleasă pentru explorările ulterioare ale suprafeţei venusiene. După câteva testări ale acestei metode, s-a înregistrat un progres considerabil cu două dintre sonde (Venera 15 şi 16, ambele lansate în 1983), echipate cu sisteme radar care au permis transmiterea unor informaţii bune, cu o rezoluţie spaţială de circa 1 000 de metri şi o rezoluţie pe înălţime de circa 50 de metri. Aceste misiuni au observat formaţiuni vulcanice întâlnite şi pe planeta noastră, dar şi unele noi. Pe Venus există atât conuri vulcanice scunde (vulcani-scut), cât şi numeroase conuri înalte, ambele formaţiuni fiindu-ne cunoscute de pe planeta noastră. însă există şi

formaţiuni care nu se găsesc pe Pământ, cum ar fi aşa-numitele coronae („coroane”), structuri vulcanice circulare de mari dimensiuni, despre care iniţial s-a crezut în mod eronat că ar fi cratere de meteoriţi umplute cu lavă. Există şi „arahnoide”, structuri alcătuite din ovale concentrice brăzdate de crăpături radiale, care arată ca nişte picioare de păianjen. Coroanele şi arahnoidele marchează puncte fierbinţi staţionare de sub suprafaţă, care generează pustule vulcanice în scoarţa planetei. Venus nu are plăci tectonice mobile, care să se ciocnească între ele, aşa încât vulcanii venusieni nu sunt aliniaţi în şiruri, aşa cum se

întâmplă pe Pământ în Cercul de Foc din jurul Oceanului Pacific. Sunt presărați aproape pretutindeni.

Un mare pas înainte în cunoașterea suprafeței lui Venus s-a produs cu prilejul unei misiuni remarcabile — prima misiune interplanetară realizată de NASA după o pauză de 11 ani. Sonda botezată Magellan (după exploratorul care a cartografiat Pământul) a fost lansată în 1989 cu ajutorul navetei spațiale, a ajuns la Venus în 1990 și a rămas patru ani pe orbită în jurul planetei. Sonda spațială a fost asamblată ingenios, cu costuri reduse, din componentele rămase în urma misiunilor anterioare, fiind echipată cu un radar pentru

cartografierea planetei. Răspunzând provocării misiunilor Venera, NASA a crescut rezoluţia radarului de la 600 de metri (cât era planificat iniţial) la 100 de metri, astfel încât Magellan putea să vadă detalii geografice de dimensiunea unui teren de fotbal. Sonda spaţială s-a înscris pe orbită în jurul lui Venus nu deasupra ecuatorului, ci deasupra polului nord al acesteia, coborând pe sub polul sud şi revenind apoi în poziţia iniţială — sonda parcurgea această orbită în trei ore. Planul orbitei a rămas fix în spaţiu, în vreme ce planeta se rotea sub ea, astfel încât sonda a cartografiat treptat toată planeta, în fâşii succesive, creând o imagine radar care prezenta

înălţimea şi structura reliefului — altfel spus, „geomorfologia” acestuia. Astfel, Venus a putut fi admirată în toată splendoarea ei, cu secretele la vedere.

Magellan a dezvăluit că Venus este acoperită aproape în totalitate — mai exact, pe trei sferturi — de un peisaj vulcanic. Există circa o sută de vulcani- scut, similari cu Mauna Loa din Hawaii, şi sute de mii de conuri vulcanice mai mici, izolate, asemănătoare cu vulcanul Etna din Italia. Cel mai înalt vulcan este numit Maxwell Montes şi atinge o altitudine de 11 km, comparabilă cu a lui Mauna Loa, măsurată de la fundul mării. în general, vulcanii de pe Venus au o suprafaţă mai mare, dar nu sunt mai înalţi decât

vulcanii de pe Pământ. Versanţii vulcanici sunt brăzdaţi de râuri de lavă pietrificată care, de la distanţă, seamănă cu nişte linii sinuoase trasate pe un talmeş-balmeş de stânci abrupte — la fel ca scurgerile de lavă recente de pe Pământ. Diferenţa este că scurgerile venusiene sunt uneori mult mai lungi şi mai late decât cele terestre. Aceste mici diferenţe sunt probabil datorate faptului că rocile de suprafaţă au o compoziţie diferită, cele de pe Venus fiind ceva mai maleabile.

în proporţie de circa 10%, Venus este constituită dintr-un material prăfos, afânat, care s-a acumulat în ţinuturile joase, acoperind ceea ce se află dedesubt. Materialul a fost

generat prin eroziunea zonelor înalte, cauzată de reacţiile chimice dintre roci şi atmosferă. Nu există multă apă pe Venus, doar o cantitate mică în atmosferă, aşa încât nu întâlnim fenomenul eroziunii provocate de apă, atât de frecvent pe Pământ. O parte din eroziune a fost provocată de praful suflat de vânt, care a şlefuit stâncile, precum şi de ciocnirile meteoriţilor, care au dezintegrat rocile de la suprafaţă, împrăştiind fragmentele în toate părţile. Craterele de meteoriţi sunt la fel de rare pe Venus pe cât sunt de abundente craterele vulcanice — au fost identificate doar circa o mie, mult mai puţine decât pe Mercur sau pe Lună (ambele lipsite

de atmosferă). în schimb, acest număr este de câteva ori mai mare decât numărul celor de pe Pământ. Craterele de pe Terra sunt distruse atât de eroziunea provocată de factorii climatici, cât şi de deplasarea plăcilor tectonice. Venus are climă, dar nu şi plăci tectonice. în parte, craterele sunt puţine pe Venus deoarece atmosfera planetei apără suprafaţa de impactul cu meteoriţii: mulţi dintre aceştia se dezintegrează din pricina frecării când îi traversează atmosfera. într-adevăr, s-a observat că pe Venus există zone unde sunt grupate mai multe cratere meteorice, ca şi cum ar fi fost făcute de un singur meteorit care s-a desfăcut în fragmente, fără a fi

distrus cu totul de frecare, astfel
încât unele dintre fragmentele lui
au aplicat planetei o lovitură
comună.
Dar principala explicaţie pentru
numărul atât de mic de cratere
este faptul că, la fel ca în cazul
Pământului, suprafaţa lui Venus
este tânără (la scara planetelor),
chiar dacă nu există plăci tectonice
în mişcare, ca pe Terra. Se poate
ca în trecut să fi existat mai multe
cratere pe Venus, dar ele au fost
acoperite cu material vulcanic
proaspăt şi se află acum sub stratul
de suprafaţă. Corelând numărul de
cratere cu ritmul în care asteroizii
lovesc suprafaţa lui Venus în
prezent, astronomii estimează că
suprafaţa ei actuală are o vechime

de circa 500 de milioane de ani. Alte trei sau patru miliarde de ani de istorie venusiană sunt ascunse sub această nouă suprafaţă, un trecut şters precum cel al unui spion dublu care a trecut la inamic şi a fost ascuns într-o casă conspirativă.

Oare înnoirea suprafeţei a avut loc de-a lungul ultimelor 500 de milioane de ani? Sau întreaga suprafaţă a planetei s-a înnoit în urma unui eveniment de mari proporţii produs în urmă cu 500 de milioane de ani? Este probabil ca, la acest moment, să existe câţiva vulcani activi pe Venus, fiind depistaţi unul sau doi vulcani care eliberează cenuşă. O misiune spaţială europeană recentă, Venus

Express, a identificat nişte „pete fierbinţi” pe versanţii unor vulcani. Arată ca şi cum ar fi fost încălzite de lava lichidă din rezervoarele de sub suprafaţă, dar nu s-au observat erupţii adevărate. Venus este activă din punct de vedere geologic, dar nu foarte, ceea ce sugerează că perioada de activitate vulcanică intensă a avut loc cu mult timp în urmă.
Activitatea vulcanică ce a înnoit suprafaţa lui Venus a fost un eveniment catastrofal. Care să fi fost cauza? A fost oare întreaga planetă mistuită în urma unui incendiu vulcanic pricinuit de cauze interne, ca într-un acces de furie planetar? Sau a fost o inundaţie vulcanică provocată de

un fenomen extern? Până în prezent, Venus a păstrat misterul cu privire la această fază a vieţii sale.
înnoirea suprafeţei vulcanice a lui Venus nu a fost singura catastrofă globală suferită de planetă în viaţa sa. Deşi acum nu există nicio urmă de apă pe planetă, pare probabil ca, atunci când s-a format în urmă cu 4,6 miliarde de ani, Venus să nu fi fost foarte diferită de Pământ — după cum au presupus şi astronomii din trecut. Probabil că toate planetele telurice (Mercur, Venus, Pământ, Marte) s-au născut într-o stare similară — toţi nou-născuţii seamănă între ei! Ca planete, devin individualităţi distincte după ce micile diferenţe

din natura lor sunt amplificate de trecerea timpului, precum şi de faptul că evoluează în circumstanţe diferite.
Dacă este rezonabil să presupunem că Venus a avut apă în stare lichidă pe suprafaţa ei, adusă acolo de asteroizi şi comete, probabil că a avut şi o atmosferă compusă din azot, vapori de apă, dioxid de carbon şi metan de la emisiile vulcanice. Dioxidul de carbon şi metanul au creat un puternic efect de seră, care a fost intensificat de vaporii de apă, pe măsură ce oceanele s-au evaporat ca urmare a proximităţii Soarelui.
Efectul de seră este o proprietate a anumitor gaze din atmosferele planetare. Are un rol important

pentru noi, pe Pământ: el menţine suprafaţa planetei la o temperatură confortabilă, relativ constantă, care asigură condiţii prielnice vieţii.
Efectul de seră în atmosfera Pământului a fost descoperit în 1827 de Joseph Fourier, matematician şi fizician francez. Pământul absoarbe circa 70% din lumina primită de la Soare. Aceasta încălzeşte uscatul, atmosfera şi oceanele. Aceste mase încălzite reflectă căldura înapoi către spaţiu sub formă de radiaţii infraroşii. Dar aceste radiaţii emise de suprafaţă sunt absorbite în cea mai mare parte de nori şi de gazele atmosferice care produc efect de seră. Astfel, radiaţiile nu ajung în

spaţiul cosmic, ci încălzesc straturile inferioare ale atmosferei, ceea ce împiedică uscatul şi oceanele să piardă căldură. Consecinţa este că, la fel ca într-o seră, suprafaţa planetei şi straturile atmosferice joase se încălzesc.

încă de la început, efectul de seră pe Venus a fost mai puternic decât pe Pământ. Planeta s-a încălzit atât de mult, încât oceanele ei s-au evaporat complet. Acest fenomen a avut loc cu mult înainte de înnoirea suprafeţei lui Venus, aşa încât toate urmele oceanelor — cum ar fi albiile fluviilor care se vărsau în ele, sedimentele viiturilor produse de acestea sau rocile formate prin cristalizarea mineralelor din apă —

au fost acoperite. Surplusul de vapori de apă din atmosferă a intensificat efectul de seră iniţial, făcând ca temperatura să crească şi mai mult. în felul acesta, s-a schimbat compoziţia atmosferei prin formarea altor gaze cu efect de seră, cum ar fi nori alcătuiţi din picături de acid sulfuric. Drept consecinţă, temperatura a crescut şi mai mult — şi tot aşa. Astronomul Cari Sagan, de la Universitatea Corneli, a fost cel care a formulat în 1961 această explicaţie pentru temperaturile extrem de ridicate de pe Venus: efectul de seră a scăpat de sub control.

Efectul de seră domină complet clima lui Venus, ridicându-i temperatura cu 500 °C. În schimb, efectul de seră creşte temperatura Pământului cu numai 33 °C — ceea ce e foarte mult pentru clima

Pământului, dar efectul este benefic, nu catastrofal. Totuşi gazele de seră produse de om (numite „antropogene”), adică cele eliberate în urma activităţilor industriale şi agricole (dioxidul de carbon produs de

arderea
combustibililor fosili
şi metanul emis de
crescătoriile de
animale), cresc
temperatura şi
ameninţă să tulbure
acest echilibru
fragil. Acordul de la
Paris (redactat la
finalul lui 2015) a
stabilit măsurile

necesare pentru a menţine creşterea temperaturii globale a Pământului cu mai puţin de 1,5-2 °C peste nivelurile preindustriale prin limitarea emisiilor antropogene. Nu a existat un astfel de acord pe Venus, unde emisiile

naturale de gaze cu efect de seră au crescut la o scară mult mai mare decât ce experimentăm noi acum pe Terra. Starea actuală a lui Venus — un infern al temperaturilor extreme şi un sol uscat şi steril — este o prefigurare

înspăimântătoare a consecinţelor pe care le-ar putea avea o schimbare catastrofală a climei. în cazul Pământului, o creştere de două grade a temperaturii globale nu pare prea mult, mai ales dacă o comparăm cu

creşterea de 500 de grade suferită de Venus. Dar chiar şi un pas mic ca acesta către clima lui Venus poate să însemne un pas prea mare, dacă nu pentru supravieţuirea planetei, atunci pentru

.Capitolul 4

Pământ: echilibru şi stăpânire de sine

* Clasificare ştiinţifică: planetă terestră.

* Distanţă faţă de Soare: 150 de milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 1 an (365,26 zile).

* Diametru: 12 756 km.

* Perioadă de rotaţie: 1 zi (24 de

ore).

* Temperatură medie a suprafeţei:

15 °C.

* Mărturisire secretă: „Eram mulţumit de cianobacterii, care au schimbat atmosfera în bine, dar oamenii ăştia sunt prea mulţi şi distrug tot ce le iese în cale, aşa că mă bate gândul să mă descotorosesc de ei”.

Pământul este casa noastră şi caracterul său ne este mai familiar decât al celorlalte planete. Pământul se comportă ca un

părinte — de aceea uneori este numit Pământul-Mamă. Are grijă de nevoile noastre, oferindu-ne aer, hrană, apă şi adăpost. Fiind copiii săi, niciodată nu ne-am întrebat dacă va continua să facă asta şi în viitorul mai îndepărtat. Dar am crescut şi ne-am dat seama de limitele părintelui nostru în 1968. La fel ca ieşirea din adolescenţă, care ne ajută să-i vedem dintr-odată pe părinţii noştri ca pe nişte oameni, această conştientizare a limitelor Terrei — un moment crucial al Erei Spaţiale — a adus o transformare a modului în care ne percepem planeta.

Momentul de cotitură s-a produs la trei zile de la lansarea misiunii Apollo 8. Capsula spaţială se afla

pe orbită în jurul Lunii, cu un echipaj format din Frank Borman (comandantul misiunii), Jim Lovell şi William „Bill” Anders.
în esenţă, misiunea avea un caracter de explorare şi testare, scopul ei fiind să pregătească aselenizările propriu-zise. Astronauţii au parcurs de câteva ori orbita circumlunară, observându-i suprafaţa de la o înălţime de 100 de kilometri. Au admirat peisajul care se desfăşura sub privirile lor până la orizontul selenar, ca nişte exploratori tereştri aflaţi pe un vârf de munte, uitându-se spre tărâmurile nou descoperite. Totuşi ceea ce vedeau nu era un peisaj obişnuit: solul cenuşiu, arid şi lipsit de viaţă se

întindea sub un cer negru şi fără nori. în plus, dată fiind absenţa aerului de pe Lună, astronauţii puteau să vadă clar până la orizont, fără pâcla progresivă care să le dea senzaţia de distanţă. Acelaşi peisaj trebuie să le fi apărut în faţa ochilor şi în timpul celor trei orbite precedente. Dar suprafaţa lunară de jos le absorbise întreaga atenţie, deoarece sarcina lor era să fotografieze potenţiale locuri de aselenizare. Abia la începutul celei de-a patra orbite, în ajunul Crăciunului din 1968, şi-au ridicat privirile suficient cât să observe Pământul răsărind în faţa lor, deasupra orizontului lunar. Borman a fost primul care a observat

răsăritul Pământului: „Uau, ce frumuseţe!” Anders a făcut o poză, pe care ulterior NASA a dat-o publicităţii sub titlul Răsăritul Pământului.
Mai târziu, Lovell a explicat cum a văzut Pământul: „Acolo, sus, e o lume în alb şi negru. Nu există culori. În tot universul, oriunde te uitai, singura fărâmă de culoare era casa noastră, Pământul... Era cel mai frumos lucru pe care puteai să-l vezi pe cer. Oamenii de aici, de jos, nu-şi dau seama ce comoară avem”.
Anders a vorbit şi el despre „imaginea uluitor de frumoasă a planetei noastre”. Astronauţii misiunii Apollo au văzut Pământul ca pe o planetă albastră, culoarea

ei dominantă datorându-se amestecului armonios dintre albastrul cerului şi albastrul oceanelor. Calotele polare albe arată unde se află zăpada, iar norii albi mereu schimbători indică existenţa unei atmosfere. Regiunile întunecate delimitează continentele. Emisfera scufundată în noapte e presărată cu lumini nu doar pe uscat, acolo unde sunt oraşe şi drumuri care le conectează, ci şi pe mare: pescarii folosesc lumini ca să atragă prada în năvod, iar petroliştii de pe platforme ard gazele emanate de puţuri. Pământul ca planetă prezintă o varietate enormă de activităţi care au loc simultan.

Sintagma „planeta albastră”, care desemnează cum se vede Terra din spaţiul
cosmic, a devenit atât descrierea exactă a Pământului, cât şi, prin extensie, o metaforă pentru capacitatea sa de a susţine viaţa, inclusiv pe noi, oamenii, într-o conferinţă intitulată „Fără chenare, fără graniţe”, unul dintre astronauţii misiunii Apollo 9, Russell „Rusty” Schweickart a descris elocvent cum vede un astronaut Pământul de pe Lună: Acest punct preţios din univers e atât de mic şi de fragil, încât îi poţi acoperi imaginea cu degetul. Şi îţi dai seama că pe acel mic punct, acea mică pată albastră şi albă, se află tot ce este important pentru tine: dragostea, lacrimile,

bucuriile, jocurile, toate sunt pe acel punct pe care-l poţi acoperi cu degetul. Şi, privindu-l din spaţiu, îţi dai seama că te-ai schimbat, că acum ştii ceva nou, că relaţia ta cu planeta nu mai e ce-a fost. Populaţia Terrei se află şi ea în fotografia intitulată Răsăritul Pământului, dar e prea mică pentru a fi văzută. Suntem izolaţi pe planeta noastră minusculă într-un univers vast. După cum scria poetul american Archibald MacLeish, suntem toţi împreună pe această planetă: „Să vedem Pământul aşa cum este el cu adevărat — mic, albastru şi frumos în tăcerea eternă în care pluteşte — e ca şi cum ne-am vedea pe noi înşine, călătorind împreună pe

Pământ, fraţi pe această minunăţie luminoasă din mijlocul frigului veşnic — fraţi care ştiu acum că sunt cu adevărat fraţi”. Imaginea a devenit una dintre fotografiile cele mai reproduse din toate timpurile. în acelaşi timp, imaginea arată că Pământul, casa noastră, are o capacitate limitată de a ne susţine. Suntem vulnerabili. Fotograful Galen Rowell a numit-o „cea mai influentă fotografie ecologistă făcută vreodată”. A fost creditată cu meritul de a fi ajutat la declanşarea mişcării ecologiste internaţionale.
Trebuie să ne protejăm mediul de viaţă deoarece Pământul se află în Zona Goldilocks a sistemului solar. în general, cu cât o planetă este

mai apropiată de steaua-mamă (în cazul nostru, Soarele), cu atât temperatura ei este mai ridicată. în apropierea stelei, apa se transformă în aburi care se ridică şi se împrăştie în spaţiu, iar lipsa apei duce la dispariţia vieţii. Departe de stea, apa îngheaţă, iar reacţiile biochimice sunt imposibile, drept care viaţa este în stază. într-o zonă cu temperatură moderată, o planetă — la fel ca terciul găsit de Goldilocks* pe masa urşilor — nu este nici prea caldă, nici prea rece, ci tocmai potrivită să permită existenţa apei în stare lichidă. în consecinţă, pe Pământ avem apă din abundenţă în oceanele unde a apărut şi a evoluat viaţa, migrând apoi pe uscat, dar

nu foarte departe de rezervele de apă.
A stabili dacă o anumită planetă se află în Zona Goldilocks a sistemului ei planetar reprezintă o modalitate destul de aproximativă de a stabili dacă ea poate susţine viaţa, cu alte cuvinte, dacă este locuibilă. Dar există şi alte criterii pe lângă distanţa care separă planeta respectivă de soarele ei. Temperatura suprafeţei sale nu depinde doar de cantitatea de căldură primită. Cheia o reprezintă existenţa sau inexistenţa atmosferei. Dacă atmosfera are nori albi, aceştia reflectă căldura înapoi în spaţiu. în plus, în funcţie de compoziţia ei chimică, atmosfera va capta — prin efectul

de seră — căldura care reuşeşte să o străbată şi să ajungă la suprafaţa planetei. Ambii sunt factori care joacă un rol important în determinarea temperaturii de pe Venus şi Pământ.
Un alt efect important al atmosferei este faptul că deplasează căldura la suprafaţa planetei prin convecţia aerului şi prin vânturi, eliminând diferenţele prin dispersia uniformă a căldurii. Pământul, de exemplu, oferă o distribuţie destul de echilibrată a căldurii la suprafaţă, mulţumită structurii atmosferei sale.
Chiar şi aşa, temperatura variază de la o regiune la alta a unei planete. S-ar putea să existe şi alte surse de căldură în afară de

steaua-mamă — activitatea geotermică, de pildă. Aşa încât, chiar şi în afara Zonei Goldilocks s-ar putea să fie locuri în care temperaturile se situează între punctul de îngheţ şi punctul de fierbere al apei, astfel încât să existe apă în stare lichidă, care să susţină viaţa. Exemple în acest sens sunt sateliţii lui Jupiter (Capitolul 10) şi ai lui Saturn (Capitolul 13).

Pe Pământ, temperatura depinde de latitudinea locului în cauză: la poli e frig, iar la ecuator, cald. Aceasta deoarece intensitatea căldurii solare depinde de unghiul de incidenţă: lumina şi căldura Soarelui sunt mai intense când cad

direct pe suprafaţa planetei. Restul variaţiilor depind de rotaţia planetei noastre şi de înclinaţia axei de rotaţie.
Temperatura dintr-un anumit loc depinde de poziţia în care se află planeta pe orbita ei în jurul Soarelui. Aceste variaţii provoacă succesiunea anotimpurilor, un efect care depinde mai ales de modul în care Pământul este orientat faţă de Soare. Dacă Polul Nord este înclinat către Soare, emisfera nordică este mai caldă — altfel spus, în emisfera nordică e vară, iar în emisfera sudică, iarnă. Pe măsură ce Pământul se roteşte în jurul Soarelui pe durata unui an, axa lui de rotaţie îşi păstrează orientarea în spaţiu, aşa încât,

după şase luni, vine rândul Polului Sud să fie îndreptat spre Soare, Polul Nord fiind îndreptat în cealaltă direcţie. înclinaţia axei terestre este de 23,5 grade, un unghi „bun”, care ajută la uniformizarea căldurii solare de-a lungul anului.
înclinaţia axei Pământului este cauza principală a ciclului anual al climei. Există şi un efect paradoxal al excentricităţii orbitei terestre în jurul Soarelui. Pământul este cel mai aproape de Soare în prima săptămână a lui ianuarie (periheliu), iar cel mai departe, în prima săptămână a lui iulie (afeliu).
întrucât tremură de frig în toiul iernii, celor care locuiesc în emisfera nordică le vine greu să

creadă că în ianuarie planeta se află cu aproape 5 milioane de kilometri mai aproape de Soare decât în iulie, când toată lumea transpiră de la arşiţă.
Pe durata unui an, axa Pământului rămâne înclinată în aceeaşi direcţie în spaţiu, iar excentricitatea orbitei terestre rămâne constantă. Prin urmare, efectul se repetă an de an. Totuşi, pe durate mai lungi, orbita Pământului se schimbă, aşa încât dimensiunea efectelor se schimbă şi ea. Axa Pământului oscilează cu o perioadă de 26 000 de ani, iar înclinaţia nu rămâne mereu de 23,5 grade, ci variază între 21,5 şi 24,5 grade de-a lungul unei perioade de 41 000 de ani. Cu cât

înclinaţia este mai mare, cu atât variaţia anotimpurilor este mai mare. Aceste variaţii sunt importante, dar de fapt sunt destul de limitate, dacă ne gândim la cât de mari ar putea fi. Motivul este că atracţia gravitaţională a Lunii stabilizează oscilaţia Pământului şi face ca axa sa de rotaţie să fie mai stabilă decât dacă Luna n-ar fi atât de aproape şi atât de mare — aceasta este o proprietate a Lunii benefică pentru noi. în plus, excentricitatea orbitei terestre se schimbă şi ea; aceasta variază între o valoare apropiată de zero şi una care este aproape dublul valorii actuale, într-un interval de 100 000 de ani.

în 1913, Milutin Milankovici, geofizician şi inginer civil sârb, a calculat aceste trei variaţii ciclice ale orbitei terestre şi modul în care afectau cantitatea de lumină solară ce cade pe suprafaţa Pământului. Aceste variaţii sunt denumite „cicluri Milankovici”. El a calculat periodicitatea principală a combinaţiei acestor efecte în epoca recentă a istorie planetei şi a obţinut valoarea de 100 000 de ani. Timp de 50 de ani, rezultatele lui Milankovici au fost în mare măsură desconsiderate sau ignorate: oamenii de ştiinţă nu credeau că aceste schimbări simple şi relativ mici ale felului în care radiaţia solară cade pe suprafaţa Pământului pot afecta clima.

Totuşi, în ultimele decenii, cercetările sale au fost preluate de climatologi, ca urmare a unor dovezi ştiinţifice potrivit cărora ciclurile Milankovici afectează într-adevăr clima.
Schimbările de temperatură de pe Terra influenţează compoziţia sedimentelor oceanice şi a gheţarilor din Antarctica. Sedimentele depuse pe fundul oceanelor şi zăpada care cade în Antarctica se depun în straturi anuale, iar compoziţia fiecărui strat conţine informaţii privind temperatura din momentul depunerii. Eşantioane de noroi şi gheaţă au fost prelevate din straturile de sedimente şi de zăpadă, de la o adâncime de câţiva

kilometri. Studiind aceste eşantioane, geofizicienii pot distinge epocile glaciare. în ultimele 3 milioane de ani, gheţarii au avansat şi s-au retras la intervale cuprinse între 40 000 şi 100 000 de ani, iar ciclurile Milankovici sunt evidente în acest comportament periodic. Descoperirea lui Milankovici este considerată de Consiliul Naţional pentru Cercetări Ştiinţifice din cadrul Academiei Naţionale de Ştiinţe a Statelor Unite ca fiind „de departe cazul cel mai clar de efect direct al schimbării caracteristicilor orbitale asupra atmosferei joase a Pământului”. Totuşi schimbările climatice sunt complicate de schimbările din

comportamentul Soarelui, de vulcanismul terestru şi deriva continentală, de grosimea straturilor de nori şi, în particular, de schimbările de compoziţie ale atmosferei datorate emisiilor de gaze de seră — fie naturale, fie antropogene. La aceşti factori se adaugă şi biosfera, care gestionează (sau perturbă) schimbările climatice, astfel încât planeta să rămână într-o stare de echilibru cu viaţa pe care o susţine. Acest principiu este cunoscut ca „ipoteza Gaia”, formulată de chimistul James Lovelock. Gaia este zeiţa Pământului în mitologia greacă. Ipoteza sugerează că viaţa interacţionează cu mediul său şi formează un sistem cu autoreglare,

care menţine şi dezvoltă condiţiile în care viaţa poate să continue. Este unul dintre motivele pentru care viaţa a evoluat şi a rezistat pe Pământ o perioadă atât de lungă, în faţa unor modificări majore de mediu. La fel ca într-o locuinţă familială, în care părinţii şi copiii cresc împreună şi modifică funcţiile camerelor (schimbând camera copiilor într-un dormitor pentru musafiri, de exemplu), Pământul şi viaţa de pe planetă s-au dezvoltat de-a lungul timpului prin interacţiune reciprocă. De pildă, schimbările aduse de biosferă au modificat compoziţia atmosferei terestre şi a rocilor de suprafaţă. Până acum, schimbările au fost benefice susţinerii şi

dezvoltării vieţii, deşi s-ar putea ca această situaţie să aibă de suferit ca urmare a efectelor negative ale emisiilor antropogene.
Cea mai spectaculoasă schimbare pe care viaţa a provocat-o pe Pământ a fost evenimentul numit Marea Oxigenare, petrecut acum câteva miliarde de ani. în continuare voi face o scurtă prezentare a acestui proces.
Pământul s-a format prin acumularea de roci din nebuloasa care înconjura Soarele nou format. Pe măsură ce aceste roci se uneau şi se sfărâmau prin compresie, eliberau gazele pe care le conţineau. Aceste gaze au format atmosfera terestră iniţială — e vorba de aceleaşi gaze pe care le

regăsim chiar şi acum în planetele-gigant precum Jupiter şi Saturn. Cu aproximativ 4,6 miliarde de ani în urmă, principalul gaz era hidrogenul, care s-a combinat chimic cu alte elemente pentru a forma vapori de apă (hidrogen şi oxigen), metan (hidrogen şi carbon) şi amoniac (hidrogen şi azot). Existau pe atunci, fără îndoială, şi aşa-numitele gaze nobile sau inerte, cum ar fi heliul, neonul şi argonul. După criteriul prevalenţei în univers, heliul şi neonul se află pe locurile al doilea şi, respectiv, al patrulea, dar nu se combină chimic cu nimic, aşa încât nu pot fi ancorate de solide sau lichide. Ele sunt gaze foarte uşoare, care evadează cu uşurinţă

în spaţiul cosmic, astfel că, în prezent, atmosfera terestră nu mai conţine nimic din heliul primordial, deşi încă păstrează urme de neon. Cu 4 miliarde de ani în urmă, vulcanii şi asteroizii din Marele Bombardament
Târziu au adăugat azot gazos şi dioxid de carbon la acest amestec. Dioxidul de carbon a pătruns în apă şi, în timp, s-a combinat cu mineralele din roci, dând naştere sedimentelor de carbonaţi de pe fundul oceanelor, astfel încât, cu 3,4 miliarde de ani în urmă, azotul a ajuns să alcătuiască mare parte din atmosfera planetei. Cele mai vechi fosile cunoscute sunt rocile numite „stromatolite”, care datează cam din această perioadă — deşi în rocile mai vechi au fost

găsite amprente chimice care sugerează că viaţa a fost activă chiar şi mai devreme. Stromatolitele s-au format prin acumularea de roci sedimentare create de straturile de cianobacterii, acestea fiind microbi monocelulari asemănători cu algele. Aceste straturi sunt înrudite cu păturile verzi plutitoare de alge lipicioase din apa mării sau a lacurilor, cunoscute sub numele de „inflorescenţe de alge”. Cianobacteriile fac fotosinteză: absorb dioxidul de carbon şi, cu ajutorul luminii solare, activează o reacţie chimică ce furnizează energie şi masă corporală pentru ca organismul să trăiască. Reacţia degajă oxigen liber.

La început, oxigenul a fost absorbit de metanul şi amoniacul din atmosferă şi de alte substanţe active chimic, cum ar fi fierul din roci. Dar, cu circa 2,4 miliarde de ani în urmă, cantitatea de oxigen produs a depăşit-o pe cea de oxigen absorbit şi astfel s-a produs Marea Oxigenare — pentru prima oară, atmosfera conţinea oxigen liber. Aceasta a permis vieţii să evolueze spre al doilea model de generare a energiei. în loc să absoarbă dioxidul de carbon şi să folosească fotosinteză pentru a genera energie cu eliberarea de oxigen, animalele mâncau şi digerau materiale bogate în carbon, cum ar fi plantele, folosind oxigenul pentru a genera energie şi

eliberând dioxid de carbon. în prezent, atmosfera terestră continuă să fie bogată în azot şi a păstrat o cantitate mică de argon (azotul constituie 78% din atmosferă, iar argonul 0,9%), dar dioxidul de carbon a scăzut la 0,04%, în vreme ce oxigenul a crescut la 21%.

în acest fel, viaţa secretă a Pământului a fost legată în mod inextricabil de viaţa secretă a Vieţii. Alte evenimente care au modificat cursul vieţii pe această planetă, cum ar fi impactul unor asteroizi sau comete de mari dimensiuni, nu au fost la fel de blânde ca Marea Oxigenare. Un astfel de eveniment cu efecte majore asupra evoluţiei vieţii pe

planetă a avut loc în urmă cu 64 de milioane de ani în ceea ce era pe atunci o mare puţin adâncă (cam 100 de metri adâncime), situată în Mexic, pe locul actualei Peninsule Yucatan, în apropiere de portul pescăresc de la Chicxulub. Nu este clar dacă a fost vorba de un asteroid sau de o cometă, dar, pentru concizie şi claritate, în cele ce urmează am să-l numesc asteroid, fără să uit că e doar o presupunere. Efectele evenimentului asupra Pământului au fost la început teribil de distructive, iar apoi transformatoare, la fel ca efectul unei mari catastrofe abătute asupra unei naţiuni — poate ca exploziile nucleare din Japonia în

timpul celui de-al Doilea Război Mondial, dar la o scară globală. Asteroidul, cu un diametru de 10-15 kilometri, a avut nevoie de circa o secundă ca să traverseze rapid atmosfera, cu o viteză mult mai mare decât viteza sunetului. A împins aerul în lături, lăsând în urmă un tunel gol. A comprimat şi încălzit aerul de la fundul tunelului şi a plonjat în apa mării, creând aburi supraîncălziţi în mai puţin de o secundă. S-a lovit de fundul mării şi s-a dezintegrat, pulverizând şi topind în câteva secunde rocile de pe fund, excavând în câteva minute un crater cu diametrul de 100 de kilometri şi adâncimea de 30 de kilometri.

Cantitatea de material ejectat din crater a fost de 300 000 de kilometri cubi, fiind alcătuită din mii de miliarde de tone de fragmente de roci, amestecate cu apă marină. Fragmentele au explodat ca nişte şrapnele şi au fost imediat fatale pentru toate animalele — cum ar fi dinozaurii — aflate în zonă. Energia exploziei a fost egală cu cea degajată de 10 miliarde de bombe atomice de tipul celei de la Hiroshima, echivalând cu cantitatea de energie eliberată timp de un mileniu de întreaga activitate vulcanică terestră. Toată această grozăvie a fost opera energiei cinetice a asteroidului: acelaşi tip de energie care distruge un autoturism implicat într-un

accident rutier. Un automobil cântăreşte circa două tone, în vreme ce asteroidul trebuie să fi cântărit de milioane de ori mai mult. Un automobil este distrus la o viteză de 65 km/h, însă asteroidul se deplasa cu 65 000 km/h, aşa încât impactul s-a produs cu o energie de milioane şi milioane de ori mai mare decât cea a unei ciocniri între automobile. Iată de ce impactul a provocat distrugeri atât de mari!
Impactul a creat o uriaşă coloană de gaze fierbinţi, aburi supraîncălziţi şi roci incandescente, un fel de fântână arteziană cu material încălzit la mii de grade

care a ţâşnit prin tunelul gol lăsat în atmosferă, învăluit rapid de un nor de deşeuri în formă de ciupercă. Animalele aflate în preajma coloanei încinse au fost carbonizate.
Căldura şi explozia au împins spre exterior aerul din jurul zonei de impact într-o undă de şoc supersonică. Frontul de undă a ajuns fără niciun avertisment la turmele de dinozauri care păşteau liniştiţi, la multe sute de kilometri distanţă. Ceea ce până cu o clipă înainte fusese o scenă liniştită, tulburată doar de zgomotele specifice păscutului şi de o strălucire neobişnuită deasupra orizontului, s-a transformat într-o cacofonie de zgomote teribile şi

vânturi de intensitatea tornadelor, care îi luau pe sus pe dinozauri, izbindu-i de stânci, şi smulgeau din pământ arborii, transformându-i în bâte şi lănci zburătoare.
între timp, la locul impactului a fost dislocat un val masiv de apă. După aceea apa a început să umple din nou hăul apărut brusc în mare, năvălind cu forţă pe versanţii craterului imens şi ridicându-se peste marginile lui. Valul gigantic rezultant se poate să fi avut 100 de metri înălţime — un tsunami enorm. în următoarele ore, acest val a măturat ţărmul dinspre est şi, în acelaşi timp, s-a revărsat spre Oceanul Atlantic, măturând regiunile de coastă. Animalele terestre au fost înecate de valul

uriaş de apă care a inundat regiunile de coastă, în vreme ce vieţuitoarele marine au rămas fără apă şi s-au sufocat pe fundul mării. Valurile masive care i-au urmat primului au măturat cadavrele animalelor, odată cu nisipul şi noroiul, şi le-au depus în straturi pe uscat.

Ulterior, o parte din aceste straturi au devenit depozite de fosile. Un astfel de depozit este cel din Parcul de Fosile Edelman, aflat într-o carieră dezafectată din spatele unui magazin de bricolaj din Mantua, statul New Jersey. Depozitul a fost excavat în cadrul unui proiect ştiinţific cetăţenesc de către Ken Lacovara de la Universitatea Rowan şi studenţii

săi entuziaşti. Oasele fosilizate şi cochiliile animalelor preistorice atât terestre, cât şi marine — dinozauri, crocodilieni, ţestoase, peşti, amoniţi, brahiopode, moluşte şi bivalve — sunt amestecate acolo într-un strat gros de 10 centimetri specific unei morţi în masă.
Dacă un asteroid de mari dimensiuni s-ar prăbuşi în mare în viitorul apropiat — în nordul Oceanului Atlantic, de exemplu —, distrugerile ar fi similare. Tsunamiul s-ar propaga pe litoralul estic al Statelor Unite, pe coastele Europei de Nord — Norvegia, Irlanda, Marea Britanie, Franţa şi Portugalia — şi pe coastele mai îndepărtate ale Americii de Sud şi Africii. Numărul

morţilor ar depinde de mărimea asteroidului şi de locul impactului, dar s-ar putea ridica la câteva milioane.
Coloana de praf şi rămăşiţe de deasupra zonei de impact de la Chicxulub a început să se disperseze. Căldura radiată de aceste rămăşiţe incandescente a declanşat incendii în pădurile din lumea întreagă. Fragmentele solide de roci proiectate în spaţiu s-au deplasat pe orbită o vreme şi apoi au căzut din nou pe suprafaţa Pământului într-o ploaie de meteoriţi care a durat o vreme îndelungată. Rămăşiţele impactului au acoperit planeta, ele fiind identificabile ca strat geologic în stâncile de pe Pământ. Stratul

respectiv poate fi distins de celelalte straturi şi s-a demonstrat că are o origine extraterestră, deoarece conţine iridiu într-o concentraţie ridicată. Iridiul depus de asteroizi pe Pământ în perioada de formare a planetei s-a scufundat în cea mai mare parte în nucleul Pământului şi este rar în straturile de suprafaţă. Materialul bogat în iridiu trebuie să fi fost adus de asteroizi după ce s-a format nucleul Pământului.
Stratul bogat în iridiu format în urma căderii asteroidului de la Chicxulub constituie graniţa KT. Ea separă straturile de roci din era cretacică de straturile din era terţiară. (KT este abrevierea adoptată în geologie pentru

„cretacic-terţiar”, iar „K” este iniţiala cuvântului german Kreide — „cretă” —, folosit pentru a desemna rocile specifice cretacicului).
Pulberile fine reziduale — inclusiv sulf aţii din ghipsul de pe fundul mării din regiunea Yucatan — au rămas suspendate în atmosferă timp de câteva săptămâni, iar în unele locuri, până la câţiva ani. Aceste pulberi au blocat Soarele, cam la fel cum s-ar întâmpla după un schimb de atacuri cu arme nucleare într-un război, aşa încât furtuna incendiară a fost urmată de o „iarnă nucleară”. Planeta noastră albastră a devenit cenuşie, cu gheaţă pretutindeni.

Aceste evenimente din urmă cu 64 de milioane de ani — la care s-au adăugat poate şi erupţiile masive ale formaţiunilor vulcanice numite Capcanele Deccan din India, care au avut loc în aceeaşi perioadă — au provocat o extincţie pe scară largă a multor specii de animale de uscat, aşa-numita „extincţie KT”. Totuşi, în vreme ce majoritatea dinozaurilor au pierit, dinozaurii zburători, înzestraţi cu pene, au reuşit să găsească nişe încă prielnice vieţii în tot acest dezastru şi au supravieţuit evoluând în păsări. Animalele mici, care se hrăneau cu seminţe, s-au ascuns în bârlogurile lor subterane şi au supravieţuit, evoluând ulterior în mamiferele mari şi mici

— rozătoare, bovide, primate etc. — care domină acum pământul. Impactul de la Chicxulub a fost unul dintre numeroasele puncte de cotitură aleatorii — e drept, unul de mari proporţii — din viaţa Pământului şi a speciei umane, o cale evolutivă care în cele din urmă a avut ca rezultat apariţia noastră. Evenimentul de la Chicxulub a fost una dintre multele prăbuşiri ale asteroizilor şi cometelor pe Pământ. A creat al doilea mare crater cunoscut pe Terra, dar foarte puţine urme ale acestuia au rămas vizibile în Mexic. De fapt, a fost descoperit în 1978 de Glen Penfield, un prospector petrolier, care, în timpul unei analize magnetice efectuate din avion, a

observat un arc neobişnuit pe fundul mării, în apropierea unei câmpii acoperite de agave şi tufişuri de lângă Chicxulub. Pe uscat, în dreptul arcului, nu se vede mare lucru, cu excepţia unei albii puţin adânci şi a unui arc de doline, care marchează prelungirea sudică a craterului.
Faptul că formele de relief circulare sunt rămăşiţe ale unui crater meteoric a fost confirmat prin descoperirea de cuarţ, transformat în mineralele coezit şi stişovit în urma şocului produs de impact. Aceste minerale sunt derivate din silice şi sunt structuri dense şi grele, asemănătoare sticlei. Coezitul a fost sintetizat în 1953 de chimistul industrial Loring

Coes Jr., care a supus cuarţul la presiuni şi temperaturi foarte ridicate. A fost găsit în craterele făcute de exploziile nucleare, dar nu a fost descoperit în nicio rocă naturală. Abia în 1960 geologii Edward Chao şi Eugene Shoemaker l-au descoperit în craterul meteoritului Barringer din Arizona.
Stişovitul, denumit după fizicianul rus Serghei M. Stişov, prima persoană care l-a sintetizat, este un material asemănător, dar pentru formarea lui a fost nevoie de temperaturi şi presiuni şi mai mari. Şi acesta a fost găsit în craterul meteoritului Barringer.
Prezenţa coezitului şi stişovitului este criteriul cu ajutorul căruia se

stabileşte dacă un crater de origine necunoscută a fost produs sau nu de un meteorit. Ele sunt indicii grăitoare, ascunse în sol, ale unor evenimente catastrofale din viaţa secretă a Pământului, evenimente care până acum rămăseseră pierdute
în trecut.
Craterul Chicxulub a dispărut aproape complet ca urmare a eroziunii, centrul gol fiind astupat de acţiunea factorilor atmosferici, şi ca urmare a schimbărilor de relief produse de mişcarea plăcii tectonice a Americii de Sud (pe care este situat craterul) către America de Nord. Pământul este planeta pe care existenţa plăcilor

tectonice este cât se poate de evidentă.
Dar care este originea plăcilor tectonice? Când Pământul trecea prin faza de formare, era în stare lichidă, fiind încălzit atât de energia eliberată când planetesimalele embrionare — asteroizii — s-au prăbuşit din spaţiu, cât şi de radioactivitatea elementelor din nucleu. Fierul şi elementele similare s-au lichefiat şi au pătruns în centrul planetei. Temperatura a rămas ridicată în nucleul învelit într-o pătură de rocă, denumită manta, însă straturile exterioare s-au răcit. Planeta s-a stabilizat în straturile ei actuale, cu un nucleu dens din fier, înconjurat de o manta şi o scoarţă

stâncoase; mantaua are două straturi: mantaua superioară (care e mai dură) şi mantaua inferioară (care e mai maleabilă). Continuarea procesului de răcire a făcut ca porţiuni din scoarţă şi mantaua superioară să devină mai dense şi să se scufunde în mantaua inferioară, în care au început să plutească, formând un fel de puzzle de plăci tectonice, care se mişcau şi se ciocneau între ele. La ciocnire, plăcile mai dense se strecurau sub plăcile mai uşoare (proces numit „subducţie”), dând naştere cutremurelor şi creând falii prin care materialul topit de mai jos putea ţâşni la suprafaţă sub forma unor vulcani explozivi.

Coliziunile dintre plăcile tectonice din jurul Oceanului Pacific sunt cauza aşa- numitului Cerc de Foc, şirul de aproape cinci sute de vulcani care se întinde din Noua Zeelandă spre nord, traversând Filipine, Java şi Japonia, apoi către est, spre Alaska, iar în cele din urmă spre sud, traversând coasta nord- americană şi mexicană a Pacificului, apoi Peru şi Chile. Plăcile mai uşoare care s-au ciocnit între ele s-au încreţit ca nişte covoare care alunecă unul spre celălalt pe o podea lustruită şi au format lanţuri muntoase ca Himalaya, Alpii, Anzii şi Munţii Stâncoşi.
Faptul că Pământul are un nucleu dens a fost un secret descoperit în

1774 de Nevii Maskelyne, astronomul regal din acea vreme, cu ajutorul muntelui scoţian Schiehallion. El a pornit de la ideea de a verifica principiul gravitaţional enunţat de Isaac Newton, potrivit căruia masele se atrag reciproc. Newton însuşi sugerase cum ar trebui să se verifice acest principiu, dar nu şi-a pus ideea în practică deoarece a crezut că efectul va fi prea mic pentru a putea fi măsurat. Societatea Regală din Londra a format „Comisia pentru Atracţie” în scopul de a organiza un astfel de experiment.
Newton spusese că, în condiţii normale, un pendul atârnă drept în jos în câmpul gravitaţional

terestru, însă, dacă pendulul ar fi dus în apropierea unui munte, muntele ar devia pendulul de la verticală. Modificarea unghiului de deviaţie — în raport cu stelele — putea fi măsurată, şi astfel s-ar fi stabilit atracţia laterală exercitată de munte, care putea fi comparată cu atracţia verticală a Pământului. Muntele Schiehallion a fost ales pentru experimentul din 1774 deoarece este izolat faţă de alţi munţi, care ar fi putut afecta măsurătorile, şi are pereţi foarte abrupţi, ceea ce permitea ca pendulul să fie apropiat de centrul de gravitaţie al acestuia şi astfel să fie atras cu putere.
în timpul expediţiei de şase luni, Maskelyne a trebuit să se lupte cu

condiţiile atmosferice vitrege, întrucât norii învăluiau frecvent muntele (al cărui nume, potrivit lui Maskelyne, însemna la origine „furtuni nesfârşite”). Norii nu numai că îl împiedicau să observe stelele pentru a stabili verticala, dar îi afectau şi măsurătorile pentru determinarea volumului muntelui şi, prin urmare, a masei sale. Aceste măsurători au putut fi duse la bun sfârşit abia în anul următor. Putem să ne imaginăm cât de mare trebuie să fi fost bucuria topografilor dacă ne gândim că, la petrecerea organizată pentru a sărbători încheierea activităţii, aceştia au declanşat în mod accidental un incendiu care le-a ars tabăra în întregime. Cu ajutorul

acestor măsurători s-a putut calcula masa Pământului, iar mai apoi s-a calculat densitatea medie a planetei. Valorile moderne dau o densitate medie a Pământului de 5,5 grame pe centimetru cub, faţă de densitatea medie a rocilor de la suprafaţa planetei, care este de circa 3 grame pe centimetru cub. De aici a rezultat că în interiorul Pământului trebuie să existe un nucleu cu o densitate mult mai mare.
Structura acestui nucleu a fost descoperită în 1936 de geofiziciana daneză Inge Lehmann. Ea studia undele seismice care traversează regiunile centrale
ale planetei înainte de a fi detectate de seismometrele

amplasate în alte zone ale suprafeţei. Lehmann a constatat că nucleul este divizat în două părţi. Un nucleu interior solid din fier şi nichel, cu diametrul de 2 440 kilometri, temperatura de circa 6 000 °C şi densitatea de 13 grame pe centimetru cub. Acesta este înconjurat de un nucleu exterior lichid, o pătură din fier şi nichel, cu diametrul de 6 800 kilometri, densitatea de circa 10 grame pe centimetru cub şi temperatura cu circa două mii de grade mai mică decât nucleul interior. Convecţia din nucleul exterior lichid este generată de căldura emanată de nucleul interior. Mişcarea circulară a fierului lichid generează un câmp magnetic, cam

la fel cum acţionează un dinam; rotaţia Pământului şi frecarea cu nucleul interior solid joacă şi ele un rol în generarea acestui câmp. Acest geodinam se află la originea câmpului magnetic terestru. El este aliniat cu axa de rotaţie a Pământului, dar nu cu exactitate: în prezent, polul nord al câmpului magnetic se află în Canada. De asemenea, câmpul magnetic nu este stabil: direcţia în care este orientat câmpul magnetic se roteşte în preajma polilor Pământului. Potrivit dovezilor geologice ale magnetismului terestru, încriptate în rocile bogate în fier, uneori polii magnetici pur şi simplu se inversează.

Nimeni nu ştie cum se întâmplă asta — este un secret complicat al vieţii Pământului. Ce ştim însă cu certitudine este că, pentru atmosfera terestră, câmpul magnetic constituie un scut esenţial de protecţie împotriva particulelor emise de Soare. Dovezile geologice legate de magnetism nu sunt suficiente ca să putem estima cât timp va rămâne Pământul fără câmp magnetic în momentul inversării polilor. Ani? Milenii? în acel moment, pentru o perioadă, atmosfera Pământului va rămâne fără apărare. Ştim din dovezile fosile care documentează perioadele de inversare a polilor că acest eveniment nu va fi

catastrofal, dar s-ar putea să nu fie tocmai plăcut.
Plăcile tectonice vor înceta să se mai deplaseze când straturile exterioare ale Pământului se vor fi răcit suficient pentru a se solidifica în întregime, poate în circa două miliarde de ani. Acesta va fi sfârşitul erei de formare a munţilor pe Pământ, iar lanţurile muntoase înalte se vor eroda treptat, devenind platouri deluroase. Vulcani individuali sau lanţuri de vulcani mici vor continua, poate, să se formeze deasupra punctelor mai slabe ale scoarţei, cum se întâmplă în Hawaii sau pe Marte şi Venus, două planete lipsite de plăci tectonice. Dar

chiar şi această activitate va înceta pe măsură ce Pământul se va răci şi mai mult. Pământul va începe să moară. în cele din urmă, se va solidifica până şi nucleul său din fier lichid şi convecţia va înceta. Câmpul magnetic al planetei noastre va dispărea complet şi permanent. Spre deosebire de dispariţia temporară a câmpului magnetic din perioada inversării polilor, această dispariţie permanentă va fi catastrofală. Nemaifiind oprite de nimic, particulele solare vor pârjoli atmosfera. în absenţa presiunii atmosferice care să împiedice moleculele de apă să evadeze din apa marină, oceanele se vor evapora prin fierbere, ploile vor

înceta, iar seceta va pune stăpânire pe uscat. Pământul îşi va pierde echilibrul şi se va transforma în Marte.

Fetiţa din povestea „Goldilocks şi cei trei urşi”. (N.r.

)**Capitolul 5**

Luna: aproape moartă

* Clasificare ştiinţifică: satelit al

Pământului.

* Distanţă faţă de Pământ: 384 000

de kilometri.

* Perioadă orbitală: 1 lună (27 zile).

* Diametru: 0,272 x diametrul

Pământului = 3 474 km.

* Perioadă de rotaţie: sincronă.

* Temperatură medie a suprafeţei: -

20 °C.

* Vanitate secretă: „Pe Pământ se spune că sunt moartă, dar odinioară am fost puternică — ridicam munţi în câteva minute, nu în milioane de ani, cât i-a trebuit Pământului să facă acelaşi lucru”. Spre deosebire de Pământ, Luna este un satelit lipsit de aer, plin de praf, presărat cu urmele de paşi

ale peste douăzeci de astronauţi, aparatură abandonată de aceştia şi câteva sonde spaţiale robotizate, dar foarte puţine semne de viaţă. Printre acestea se numără şi aşa-numitul „microecosistem lunar” (Lunar Micro Ecosystem), un cilindru etanş care conţine seminţe şi ouă de insecte, dus acolo pentru a se vedea cum ar putea creşte împreună plantele şi insectele într-o biosferă artificială. Dacă va fi să colonizăm Luna, va trebui să construim acolo un fel de grădină ca să obţinem alimente, iar microecosistemul lunar a fost un experiment-pilot în această direcţie. Ecosistemul a fost dus la polul sud al Lunii în 2019 de landerul chinezesc Chang'e 4. Totul

a început bine, seminţele fiind udate şi încolţind, însă plăntuţele tinere au murit din cauza frigului în prima lor noapte lunară, când temperatura a scăzut la -50 °C. Ceea ce n-a fost un semn bun pentru planurile de colonizare a Lunii.

Luna face parte din viaţa noastră. Pe timpul nopţii, ne furnizează lumină reflectată de la Soare, iar în locurile unde nu există lumină artificială, ea guvernează activităţile umane, chiar dacă o astfel de activitate ar însemna doar să stai pur şi simplu la gura peşterii şi să priveşti la marcajele cenuşii de pe suprafaţa Lunii. Dat fiind că Luna îşi ţine aceeaşi faţă spre Pământ, noi vedem mereu acelaşi aranjament de pete gri —

chiar dacă ceea ce se desluşeşte în modelul lor variază de la o cultură la alta. Oamenii din culturile occidentale văd acele pete ca pe „Omul din Lună” sau ca pe o bătrână care poartă vreascuri în spinare. în culturile asiatice (chineză, japoneză şi coreeană) ele sunt văzute ca un iepure — acesta fiind motivul pentru care vehiculul spaţial trimis să exploreze Luna în 2013 în cadrul misiunii Chang'e s-a numit Yutu („Iepurele din jad”), animăluţul de companie al lui Chang'e, zeiţa Lunii din mitologia chineză. Bineînţeles, noi vedem acel tipar prin fenomenul psihologic numit „pareidolie”: vedem un tipar acolo unde nu există niciunul în realitate.

Fazele Lunii, cauzate de raporturile schimbătoare dintre Lună, Soare şi Pământ, se repetă de-a lungul unui ciclu regulat cu durata de o lună, adică timpul de care are nevoie Luna ca să parcurgă o orbită în jurul Terrei. Alături de zi şi an, acest interval constituie o unitate de timp convenabilă, toate trei fiind folosite de oameni ca să-şi pună ordine în vieţile lor încă de acum multe mii de ani. Osul Ishango este peroneul unui babuin găsit de arheologi în Congo, folosit în paleolitic ca mâner de cuţit şi marcat cu crestături ce semnifică fazele lunare pe o perioadă de şase luni. Nu se ştie cu exactitate de când datează, dar estimările variază între 6 000 şi 9 000 î.e.n.

Mânerul de cuţit se poate să fi fost folosit de un vânător ca să ţină socoteala unei călătorii lungi, poate ca să-şi hotărască momentul întoarcerii acasă sau ca să prezică deplasările vânatului în timpul nopţilor luminate de lună. Pe de altă parte, cuţitele sunt folosite în mod curent în activităţile gospodăreşti, ceea ce sugerează că e posibil să fi aparţinut unei femei, care s-a folosit de marcajele de pe mâner ca să-şi urmărească perioadele de fertilitate.
De asemenea, Luna este responsabilă pentru activitatea mareică, atrăgând apa mării spre şi dinspre ţărmuri, fenomen prin care influenţează atât viaţa animalelor marine — dictându-le când să

mănânce, când să crească şi când e vremea reproducerii —, cât şi capacitatea noastră de a naviga pe apele marine.
La fel ca în cazul lui Mercur, suprafaţa Lunii este presărată cu nenumărate cratere de impact, cele mai multe dintre ele fiind create în cele două bombardamente care au avut loc în perioada de formare a sistemului solar. Asteroizii care s-au lovit de Lună cel mai recent sunt de obicei mai mici, astfel că au format cratere de dimensiuni mai reduse, presărate pe câmpiile mai vechi. între 1969 şi 1972, astronauţii din misiunile Apollo au lăsat în total şase seismometre pe Lună, care să caute „cutremure selenare”.

Acestea echivalează cu un echipament medical de monitorizare din unitatea de terapie intensivă a unui spital, care are rolul de a controla semnele vitale ale unui pacient, dezvăluind procesele nevăzute ce se petrec în interiorul corpului. Seismometrele au funcţionat până în 1977 şi au înregistrat sute de mici cutremure. Unele seisme au venit din profunzimea Lunii, iar analiza lor a arătat structura interioară a lunii: un miez solid înconjurat de o manta. Cutremurele sunt provocate în nucleu de forţele mareice datorate Pământului, nu de plăcile tectonice.
Unele cutremure lunare provin din straturile de suprafaţă, fiind şocuri

generate când rocile ies din noaptea rece selenară şi sunt expuse brusc căldurii solare, astfel încât îşi măresc volumul, iar şocul se produce când solicitările rezultante sunt eliberate brusc. Mai există şi cutremure generate de meteoriţi care se prăbuşesc pe Lună.

Atât NASA, cât şi ESA monitorizează regiunile învăluite în noapte ale Lunii pentru a identifica aceste impacturi. La fiecare câteva ore, ei văd câte un fulger luminos scurt, care semnalează că a avut loc un impact. Extrapolând datele pentru a ţine cont şi de regiunile nemonitorizate şi deci de fulgerele nedetectate, ritmul impacturilor ajunge la opt pe oră pe toată

suprafaţa Lunii. Aceste fulgere provin de la impacturile meteoriţilor cu mase de câteva kilograme, fiecare lăsând probabil cratere cu diametre de câţiva metri, sub dimensiunea la care ar putea fi observate cu uşurinţă. Totuşi, ocazional, sunt create şi cratere mai mari. De la lansarea sa în 2009, sonda spaţială Lunar Reconnaisance Orbiter a acumulat imagini multiple ale suprafeţei lunare, permiţând sesizarea schimbărilor. Astfel, s-a constatat că au apărut sute de cratere noi cu diametrul de peste 10 metri, într-un ritm de 180 pe an. Aceste impacturi ajută la răscolirea stratului superior al solului lunar, un proces denumit „grădinărit”.

Primii doi centimetri ai solului lunar sunt răscoliţi la fiecare 100 000 de ani. Dacă se va înfiinţa o colonie permanentă pe Lună, va trebui să se ţină cont de aceste impacturi, ceea ce explică interesul deosebit pe care NASA şi ESA îl acordă acestui aspect. Luna nu este la fel de vibrantă şi activă ca Pământul, dar nu este un astru mort şi etern neschimbător, cum se spune uneori că ar fi. Impacturile meteoriţilor au acoperit Luna cu praf. Există o fotografie de neuitat, reprodusă de nenumărate ori, realizată în 1969 de Buzz Aldrin, al doilea om care a păşit pe Lună şi care şi-a fotografiat urma lăsată de bocanc în praf. Ea a arătat inginerilor de la

NASA aflaţi în Houston adâncimea şi compoziţia solului lunar şi i-a ajutat să proiecteze roţile vehiculelor lunare pentru o mai bună tracţiune. Valoarea fotografiei nu se rezumă la aspectul tehnic. Ea a marcat într-un mod poetic momentul şi locul în care oamenii au păşit pentru prima oară pe un alt astru.

Apollo 11 a aselenizat în Mare Tranquillitatis (Marea Liniştii), o câmpie prăfoasă de lavă bazaltică. Este netedă, cu puţine cratere şi bolovani, fără riscuri pentru aselenizare, fără dealuri sau stânci înalte ori cratere adânci. Văzut din Baza Liniştii (cum a fost denumit locul aselenizării), peisajul lunar era scăldat în lumina nemiloasă a

Soarelui care strălucea pe cerul negru din spatele Pământului — întrucât nu există atmosferă pe Lună, nu există nici aer şi nici cer albastru. Umbra modulului lunar Eagle era bine definită şi intensă. Relieful era foarte plat. Buzz Aldrin a descris priveliştea pe care o vedea de la geamurile lui Eagle după cum urmează:

O să ajungem şi la detalii legate de ceea ce se vede în jur, dar în linii mari peisajul pare să fie alcătuit din mai toate varietăţile de forme, unghiuri şi
granulaţii, din mai toate varietăţile de roci pe care le ştim. Cât priveşte culorile, ei bine, ele variază în funcţie de cum te uiţi [relativ la direcţia razelor solare].

Nu pare să fie vreo culoare predominantă. Totuşi pare că unele dintre rocile şi bolovanii de-aici, şi nu-s deloc puţini în apropiere, ar putea avea unele culori interesante.
Iată ce le-a spus Armstrong celor de la Centrul de Comandă:
Regiunea văzută pe geamul din stânga este o câmpie relativ netedă, cu un număr destul de mare de cratere cu diametre între 1,5 şi 15 metri; se văd şi câteva creste stâncoase scunde, de 6-9 metri înălţime, aş zice, şi literalmente mii de cratere micuţe, de 30-60 centimetri presărate peste tot. Se văd câteva blocuri unghiulare la câteva zeci de metri în faţă, înalte de circa 60 de

centimetri, care au muchii ascuţite. în faţa noastră se vede şi un deal. Hotărât să trimită un prim mesaj de pe Lună cât mai memorabil, Neil Armstrong a ales să se concentreze asupra caracterului istoric al reuşitei: „Un pas mic pentru un om, un pas uriaş pentru omenire”. Privind în jur, el a descris peisajul astfel: „Are o frumuseţe austeră, unică. Aduce cu regiunile deşertice din Statele Unite. E ceva diferit, dar e foarte frumos”.
Buzz Aldrin a fost de aceeaşi părere:
Oriunde mă uitam, vedeam caracteristicile detaliate ale peisajului lunar cenuşiu, presărat cu mii de cratere mici şi cu toate varietăţile şi formele de roci... în

absenţa atmosferei, nu exista niciun fel de ceaţă pe Lună. Totul avea o claritate de cristal.
„Minunată privelişte”, am spus... încet, mi-am lăsat ochii să absoarbă măreţia neobişnuită a Lunii. Aspectul auster şi tuşele monocrome făceau că peisajul să fie într-adevăr frumos. Dar era o frumuseţe diferită de tot ce mai văzusem înainte... O pustietate magnifică.
Apollo 12 a aselenizat într-o regiune a Lunii asemănătoare Bazei Liniştii. Apollo 13 a trebuit anulată. Apollo 14 a aselenizat în apropiere de craterul Cone din formaţiunea Fra Mauro, iar astronauţii au dorit să privească în interiorul craterului, dar s-au

rătăcit şi au fost nevoiţi să se întoarcă la bază, căci li se terminau proviziile. Aselenizarea lui Apollo 15 a fost cea mai aventuroasă. Modulul lunar Falcon a coborât în 1971 pe o câmpie întunecată din vecinătatea lanţului Montes Apenninus, cel mai apropiat vârf fiind muntele Hadley. în cele trei zile petrecute pe Lună, astronauţii s-au deplasat de două ori cu roverul lunar la Hadley Rille, o vale pe care a curs lavă topită, adâncind-o, căptuşind-o cu magmă solidificată şi făcând-o să aibă pereţi abrupţi. Au discutat dacă să intre în canal şi să coboare pe fundul văii, dar raţiunea i-a făcut să renunţe la idee.

Vedeam fundul văii — foarte neted şi lat cam de 200 de metri — pe care se înălţau două stânci foarte mari. „Pare că am putea să coborâm pe fundul văii pe aici, pe partea asta, ce ziceţi?”, a întrebat plin de speranţă Dave. Ba chiar s-a apropiat şi a găsit o pantă netedă care cobora dinspre craterul St. George într-o viroagă ce ajungea până la fundul văii. „Hai să mergem cu vehiculul până acolo şi să colectăm nişte roci.” „Dave, eşti liber să te duci. Eu te-aştept aici”, i-am spus. M-am gândit că poate am fi reuşit să ajungem până jos şi să ne şi întoarcem, dar dacă mergeam cu vehiculul până acolo şi acesta păţea ceva, n-am mai fi reuşit să-l mai scoatem de acolo.

Craterele de pe Lună sunt aproape circulare, ca toate craterele produse de meteoriţi. Nu contează unghiul de impact al corpurilor cosmice. Craterele nu sunt create prin dislocarea materialului lunar de către asteroid, ceea ce ar face ca găurile să fie eliptice. Ele sunt create prin vaporizarea sub suprafaţa Lunii a meteoritului şi a rocilor pe care acesta le loveşte. Gazul rezultant îşi măreşte volumul şi iese la suprafaţă printr-o explozie simetrică, care împinge rocile înconjurătoare în sus şi în lateral.
Rocile înconjurătoare sunt pulverizate, rezultând un conglomerat de
fragmente de rocă şi praf. Neoprite de vreo urmă de aer, reziduurile

exploziei ţâşnesc în arcuri de cerc. Reziduurile pot lăsa urme care radiază dinspre crater. Unele impacturi de proporţii, asemenea celui care a dat naştere craterului Tycho, au creat dâre ce se extind spre partea nevăzută a Lunii şi chiar o înconjoară, ajungând din nou pe partea vizibilă a satelitului nostru natural. Tycho poate fi văzut cu ochiul liber, fiind punctul cel mai luminos de pe Lună.
Craterele lunare mai mici sunt simple, ca un castron pentru cerealele de la micul dejun. Craterele cu diametrul de peste 15 kilometri sunt mai complexe, având un pisc central — sau chiar un mic inel muntos intern — în locul în care rocile de suprafaţă au sărit în

sus şi în jos de câteva ori. Unele cratere mari au terase pe partea interioară a pereţilor, acolo unde versanţii s-au prăbuşit din locurile unde se înălţaseră.
Dacă un asteroid aterizează întâmplător pe peretele unui crater vechi, creează unul nou, suprapus peste celălalt. Exceptând cazurile în care pereţii au fost distruşi de un impact nou, pereţii craterelor vechi s-au erodat într-o anumită măsură, dar nu din cauza factorilor climatici, ci ca urmare a încălzirilor şi răcirilor repetate ale rocilor lunare pe durata unei luni, cât durează rotaţia Lunii. în timpul zilei lunare, temperatura este de circa 100 °C, pentru ca noaptea să coboare la -150 °C. Această

variaţie mare a temperaturii face ca rocile să se dilate şi să se contracte mult, fapt ce provoacă mici cutremure selenare şi duce la desprinderea de fragmente şi particule de praf, care se adaugă prafului generat de impactul asteroizilor.
Unele cratere lunare sunt uriaşe. Cel mai mare este Bazinul Aitken, având un diametru de 2 500 kilometri, ceea ce înseamnă că ocupă cam un sfert din suprafaţa lunară. El se întinde peste polul sud al Lunii şi, în cea mai mare parte, nu este vizibil, întrucât se află pe faţa ei întunecată. Fundul craterului se află cam la 13 kilometri sub nivelul crestelor muntoase de pe marginea

superioară a craterului. Este cea mai mare groapă din sistemul solar.

Cel mai mare crater de impact de pe partea dinspre Pământ a Lunii este Mare Imbrium („Marea Ploilor”), care are un diametru de 1 145 de kilometri şi se vede cu ochiul liber de pe Terra. Dintre petele cenuşiu-închis de pe Lună — aşa-numitele maria („mări”) —, Mare Imbrium este a doua ca mărime. La fel ca Bazinul Aitken, Mare Imbrium s-a format cu mult timp în urmă. Vârsta Bazinului Aitken a fost estimată prin numărarea craterelor mici din interiorul acestuia, aşa încât nu este foarte precisă. Dar Mare Imbrium a fost datat cu precizie.

Astronauţii de pe Apollo 15 au adus pe Pământ roci prelevate de acolo, iar acestea au fost datate ca având o vechime de 3,9 miliarde de ani. Asteroidul care a lovit Luna şi a creat Mare Imbrium a avut un diametru de circa 250 de kilometri. Mare Imbrium constă dintr-o regiune interioară plată, mărginită de trei inele muntoase, separate în câteva lanţuri, care au primit denumiri ce amintesc de lanţurile muntoase de pe Terra. Inelul exterior, care poate fi considerat peretele craterului, este alcătuit din Montes Caucasus, Montes Apenninus şi Montes Carpatus. Inelul mijlociu de munţi este Montes Alpes. Mai există un inel în interior, cu un diametru de 600 de

kilometri, dar a fost în mare măsură îngropat de lava scursă în crater — fie ca o consecinţă imediată a impactului, fie la o dată ulterioară —, iar acum se prezintă doar ca nişte dealuri şi creste de mică înălţime. Inelele concentrice ale craterului s-au format când suprafaţa lunară a oscilat în urma impactului. Undele seismice provocate de impact au dat naştere unui relief haotic pe partea opusă a Lunii (la fel ca aşa-numitul „relief straniu” de pe Mercur, provocat de impactul care a produs Caloris Planitia) şi au creat pe suprafaţa lunară linii de falie. Dacă în acea perioadă s-ar fi aflat cineva pe Lună, ar fi simţit unda de şoc care

s-a propagat pe toată suprafaţa astrului.
Fundul craterului Mare Imbrium se află la 12 kilometri sub piscurile de pe peretele craterului. Câmpul din exteriorul acestor pereţi este presărat cu resturile aruncate din crater şi cu şanţuri radiale săpate în relieful înconjurător de bolovani uriaşi proiectaţi cu mare viteză, asemenea ghiulelelor care distrugeau în vechime catargele şi punţile unei corăbii de lemn.
Pe Pământ, lanţurile muntoase ale Apeninilor şi Alpilor cresc milimetru cu milimetru, în urma coliziunii lente a plăcilor tectonice, ajungând la înălţimile pe care le au acum după milioane de ani de evoluţie. Pe Lună, Montes

Apenninus şi Montes Alpes au ţâşnit la înălţimi similare în doar câteva minute de activitate frenetică.
Există dovezi ale activităţii vulcanice de pe Lună, dar aceasta este nesemnificativă în comparaţie cu cicatricile lăsate de bombardamentul asteroizilor. Pe lângă câmpiile de lavă care umplu unele cratere, urmele vizibile includ şi aşa-numitele „canale sinuoase”. Acestea sunt similare canalelor pe care le sapă râurile pe Pământ, aşa că o vreme s-a crezut că ele au fost formate tot de apă. Dar se pare că, de fapt, aceste canale au fost săpate când lava a ţâşnit de sub suprafaţa Lunii şi s-a revărsat în

şuvoaie, reacţionând la schimbările de înălţime de la suprafaţă prin şerpuirea cursului, la fel cum fac râurile pe Pământ. Apoi lava s-a retras, lăsând în urmă canalele cu pereţi abrupţi vizibile astăzi. Astronauţii se aşteaptă — sau măcar speră — ca în viitor, când vor merge din nou pe Lună şi vor putea să se deplaseze cu mai multă libertate pe suprafaţa ei, să descopere că aceste canale se continuă sub terminaţiile lor aparente, plonjând sub suprafaţă sub forma unor „tuburi de lavă”. Acestea sunt tunelurile pe unde s-a scurs lava, care s-a răcit la suprafaţă şi a format un acoperiş solid înainte de a se retrage. S-ar putea ca aceste tuburi de lavă să

servească în viitor ca tuneluri în care să poată trăi astronauţii, când şi dacă se va înfiinţa o colonie lunară.
La limită, Luna aproape că poate fi considerată o planetă geamănă a Terrei. Se pare că sistemul Pământ-Lună s-a format în urma ciocnirii dintre un proto- Pământ, Gaia, cu altă protoplanetă, Theia, la scurt timp (în jur de 100 de milioane de ani) după formarea sistemului solar. Gaia avea cam 90% din dimensiunea Pământului, iar Theia era cât Marte. Pământul şi Luna au reprezentat rezultatul coliziunii lor. Ciocnirea a fost oblică şi a făcut ca Pământul să se rotească o dată la fiecare cinci ore. Luna se învârtea pe o orbită circumterestră mult

mai apropiată decât cea de astăzi. Forţele mareice dintre cele două corpuri au blocat Luna în aşa fel încât să aibă îndreptată spre Pământ mereu aceeaşi emisferă; de-a lungul a miliarde de ani, procesul de disipare a energiei realizat de forţele mareice a consumat energie atât de la orbita Lunii, cât şi de la rotaţia Pământului. Astfel, Luna s-a retras la distanţa ei actuală faţă de Terra şi continuă să se retragă cu 4 centimetri pe an. Pământul şi-a încetinit rotaţia, ziua lungindu-se de la cinci ore la douăzeci şi patru de ore, cât este acum. Procesul de încetinire a rotaţiei continuă şi în prezent.

Ambele protoplanete, Gaia şi Theia, aveau o structură de tip nucleu-manta. Cele două nuclee din fier s-au contopit în unul singur, ca două picături de ploaie care se unesc în timp ce se preling pe un geam. Pământul a rămas cu un nucleu foarte mare, iar Luna, aproape fără nucleu. Dat fiind că era atât de mare, nucleul Terrei a rămas lichid până în ziua de azi, generând un puternic câmp magnetic şi protejându-ne atmosfera, ceea ce a permis ca planeta noastră să susţină viaţa şi evoluţia speciei umane. Materialele care alcătuiau mantalele celor doua protoplanete s-au amestecat şi s-au împărţit între Pământ şi Lună. În consecinţă, rocile lunare

au în esenţă aceeaşi compoziţie ca mantaua terestră.

Dacă viaţa începuse deja pe proto-Pământ înaintea acestui eveniment, impactul a făcut ca procesul să se reia de la zero, pentru că a încălzit Pământul şi Luna probabil până la 1 000 °C. Orice apă în stare

lichidă de pe proto-Pământ s-ar fi evaporat. Apa care există acum pe planeta noastră trebuie să fi fost eliberată de activitatea vulcanică ce a urmat impactului sau a fost adusă aici ulterior de asteroizii şi

cometele care s-au ciocnit de Pământ, însă, deşi poate că a avut un efect negativ asupra dezvoltării vieţii pe proto- Pământ, ciocnirea a avut apoi un efect pozitiv asupra dezvoltării Terrei. Prin înclinarea axei

terestre la 23,5 grade, Luna i-a dăruit Pământului anotimpurile, ceea ce a creat varietatea stimulatoare a climatelor de pe suprafaţa planetei noastre. în plus, Luna care a rezultat după ciocnirea dintre Gaia şi Theia

a fost atât de mare, încât a limitat oscilaţiile axei de rotaţie a Pământului, care ar fi făcut ca schimbările sezoniere să fie extreme. Ciclul anotimpurilor de pe Pământ — poezia plină de culoare a

primăverii, nemişcarea îngheţată a iernii, ploile torenţiale ale musonilor, arşiţa adusă de siroco — îşi are originea în acest eveniment unic

.Capitolul 6

Marte: planeta războinică

* Clasificare ştiinţifică: planetă terestră.

* Distanţă faţă de Soare: 1,52 x distanţa Pământ-Soare = 227,9 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 687 zile.

* Diametru: 0,532 x diametrul

Pământului = 6 792 km.

* Perioadă de rotaţie: 24,6 ore.

* Temperatură medie a suprafeţei: -

65 °C.

* Temere secretă: „Chiar îmi place să fiu gâdilată când sondele spaţiale sunt paraşutate pe suprafaţa mea, dar nu aştept deloc cu nerăbdare momentul când

satelitul meu, Phobos, o să cadă peste mine”.
Marte este Planeta Roşie — la fel de roşie, se spune, ca sângele, o culoare în armonie cu zeul războiului, după care a fost denumită. Este planeta al cărei nume a fost dat celei mai cunoscute mişcări din suita orchestrală a lui Gustav Holst, Planetele, care descrie în termeni muzicali caracteristicile acestora, pe baza personalităţilor lor, aşa cum sunt descrise în astrologie. Holst era interesat de multă vreme de astrologie, iar interesul i-a sporit în 1913, când a plecat să-şi petreacă vacanţa în Spania alături de Clifford Bax, fratele compozitorului Arnold Bax. Clifford

Bax era astrolog şi l-a învăţat pe Holst aspectele tehnice ale acestui domeniu. Astrologia a devenit „viciul de suflet” al lui Holst, care era încântat să alcătuiască horoscoapele prietenilor săi.

Mişcarea din deschiderea suitei Planetele se numeşte „Marte, cel care aduce războiul”, acordurile ei insistente şi sacadate evocând imaginea înfricoşătoare a unui război mecanizat — tancurile au fost folosite pentru prima oară în timpul Primului Război Mondial, care era în plină desfăşurare în perioada în care Holst îşi compunea suita. Planeta este uşor recognoscibilă: nu există nimic altceva pe cer care să aibă această culoare şi strălucire în afara stelei

Antares, al cărei nume înseamnă „rivalul lui Marte”. Solul de pe suprafaţa lui Marte este cel care îi dă culoarea, el fiind alcătuit în principal dintr-un mineral asemănător ruginii roşcate care se formează pe obiectele din fier şi oţel în prezenţa apei.
Marte este planeta cea mai asemănătoare cu Pământul din sistemul solar. Este considerabil mai mică, diametrul său fiind jumătate din cel al Terrei. Este mult mai rece şi mai aridă, dar şi-a început viaţa la fel ca Pământul, cu 4,6 miliarde de ani în urmă, caldă şi umedă, cu o pătură atmosferică groasă şi apă din abundenţă. Dacă ar fi existat oameni pe Pământ la acea vreme, s-ar fi uitat pe cer şi ar

fi văzut-o, probabil, ca pe o planetă albastră, nu roşie. Dar totul s- a schimbat cu circa 4 miliarde de ani în urmă, când situaţia a luat o turnură proastă. La fel ca Venus, Marte a suferit o catastrofă climatică globală, al cărei motiv a rămas până de curând un secret ascuns în nucleul său. Dar Marte continuă să aibă o atmosferă, iar peisajul său are o aparenţă terestră.

Adevărata natură a suprafeţei marţiene a ieşit la iveală în Epoca Spaţială. Progresele ştiinţifice au fost dobândite cu greu. Peste jumătate din misiunile spaţiale lansate spre Marte vreme de 50 de ani, începând cu 1960, nu au fost duse la bun sfârşit. Marte şi-a

câştigat printre oamenii de ştiinţă din domeniul spaţial reputaţia unei planete care îşi păzeşte secretele cu străşnicie. Prilejurile bune pentru lansare se repetă la fiecare doi ani, un interval enervant de lung pentru a aştepta să faci o a doua încercare (şi să plăteşti echipajul misiunii care stă în aşteptare).
O mare parte din costurile unei misiuni intră în dezvoltarea navei spaţiale, iar protocolul cere să construieşti şi o navă de rezervă, pentru eventualitatea în care prima suferă un accident nefericit, aşa încât misiunile spaţiale au fost adesea lansate în perechi.
Misiunile care intenţionează să coboare pe suprafaţa unei planete cu

atmosferă pot folosi paraşute ca să asolizeze, dar caracteristicile atmosferei marţiene variază foarte mult în timp şi de la o zonă la alta. Este foarte dificil să prezici cu câţiva ani înainte, în timpul fazei de proiectare a misiunii, ce va întâlni vehiculul când va ajunge acolo. De exemplu, dacă atmosfera este mai rarefiată decât de obicei şi aerul este mai cald, paraşutele s-ar putea să nu frâneze suficient coborârea, astfel încât e posibil ca vehiculul să se ciocnească prea violent de suprafaţa planetei. Traiectoria misiunii trebuie să fie foarte bine calculată, deoarece unghiul de intrare în atmosferă este esenţial. Dacă traiectoria este aproape verticală, vehiculul

plonjează prea rapid şi este distrus la aterizare; dacă este mai mult orizontală, vehiculul riscă să ricoşeze din atmosferă şi să se întoarcă în spaţiul cosmic. Este o manevră dificilă.
Bineînţeles, deşi au o importanţă critică, coborârea şi asolizarea sunt doar sfârşitul călătoriei. Vehiculul trebuie mai întâi să supravieţuiască lansării şi călătoriei propriu-zise, păstrându-şi intacte mecanismele şi echipamentul electronic. Lansarea poate să decurgă prost şi racheta să explodeze, vibraţiile lansării pot fi prea violente şi să deterioreze echipamentul ca urmare a vibraţiilor sau nava spaţială poate fi trimisă pe o traiectorie greşită. în

timpul călătoriei, echipamentul ar putea fi afectat de mediul spaţial, fie că e vorba de vid, radiaţii sau impactul cu meteoriţi. în vid, ţesătura paraşutei îşi poate pierde supleţea şi se poate sfâşia, radiaţia cosmică poate topi sau bloca unele subansambluri mecanice, iar un meteorit care se deplasează cu o viteza relativă de zeci de mii de kilometri pe oră ar putea lovi nava în plin, provocând pagube colosale. în cazul unui eşec al misiunii, este deprimant să vezi feţele posomorâte ale oamenilor de ştiinţă din sala de control când îşi dau seama că munca lor s-a irosit — nu numai munca pe care au făcut-o deja pentru construirea astronavei, dar şi munca pe care ar

fi urmat să o facă în timpul investigaţiilor ştiinţifice. Ar putea fi un eveniment esenţial pentru evoluţia unei cariere, mai ales pentru un absolvent care vrea să-şi dea doctoratul. O teză în care se spune „am construit nişte echipamente şi am scris zece capitole despre ele, dar n-am avut niciodată şansa să le folosesc” nu are aceeaşi greutate ca una în care primul capitol este dedicat echipamentului şi celelalte nouă sunt despre datele obţinute cu ajutorul lor despre suprafaţa unei alte planete.

Am urmărit echipa care a realizat landerul britanic Beagle 2, în timp ce acesta
cobora spre Marte în ziua de Crăciun 2003. Membrii echipei nu

reuşeau să stabilească contactul cu el şi, mohorâţi, se agăţau cu obstinaţie de speranţa slabă că vor putea să identifice problema, să găsească o soluţie şi să-l activeze. Acesta părea să fi asolizat cu bine, dar panourile solare nu se deschiseseră complet, astfel că antena radio nu putea fi orientată corespunzător. Atmosfera lui Marte era mai caldă şi mai puţin densă decât se anticipase, deci poate că nava se lovise de sol cu o viteză prea mare şi fusese deteriorată. Oamenii de ştiinţă care au pregătit misiunea Beagle 2 sperau să contribuie la investigaţiile menite să stabilească dacă există viaţă pe Marte. Este un lucru greu de făcut prin simpla observare a planetei de

pe Pământ, cu ajutorul telescopului, deşi telescoapele pe care le au la dispoziţie astronomii amatori în zilele noastre arată cu uşurinţă caracteristicile discului marţian. Fizicianul şi astronomul italian Galileo Galilei a fost primul care, în 1610, a folosit un telescop mic pentru a vedea planeta, dar, din cauză că telescopul era prea mic şi dotat cu un sistem optic neperformant, n-a reuşit să distingă vreun marcaj de suprafaţă. Prima trăsătură de relief care a putut fi descrisă a fost descoperită în 1659 de astronomul olandez Christiaan Huygens. El a observat şi a desenat o formaţiune triunghiulară întunecată, pe care a descris-o ca fiind o mare baltă. La

acea vreme, se credea despre petele cenuşii similare de pe Lună că ar fi mări (maria, în latină), astfel că Huygens a mers pe acelaşi fir logic. De fapt, în ambele cazuri, e vorba de roci şi minerale colorate diferit faţă de restul suprafeţei.
Urmărind apariţiile repetate ale acestei formaţiuni triunghiulare, Huygens a putut să determine perioada de rotaţie a lui Marte, cu alte cuvinte „ziua” planetei. O zi marţiană poartă numele de „sol”. Este cu doar 37 de minute mai lungă decât cele 24 de ore ale zilei terestre.
în comparaţie cu Pământul, Marte este de două ori mai departe de Soare, iar „anul” său este

considerabil mai lung — 687 de zile terestre, faţă de cele 365 de zile cât are anul Pământului. înclinaţia sa faţă de orbită este de 25,2 grade, fiind similară cu cea a Pământului — de 23,5 grade. în consecinţă, Marte are cicluri zi-noapte şi anotimpuri la fel ca ale Pământului, dar iernile sunt mult mai reci şi durează mai mult. Orbita lui Marte se schimbă cu timpul, iar anotimpurile şi ciclurile climatice variază şi ele considerabil. în prezent, temperatura la suprafaţă oscilează între 20 °C ziua şi -140 °C noaptea. Cel mai rece loc de pe Pământ este Domul Fuji, un dom de gheaţă pe platoul înalt din

Antarctica, unde temperatura scade până la -80 sau -90 °C.
în 1666, astronomul italo-francez Giovanni Cassini a descoperit că Marte are calote polare. Acestea pot fi văzute cu telescopul ca nişte pete albe la polii lui Marte: una creşte în dimensiuni pe timpul iernii, iar cea din emisfera opusă se micşorează pe timpul verii. Calotele polare sunt depozite de gheaţă şi gheaţă uscată (sau gheaţă carbonică), groase de 2-3 kilometri, cu margini abrupte. Sunt înconjurate de câmpii acoperite cu straturi de gheaţă care se topesc primăvara. Mai exact, sublimează. Sublimarea este procesul prin care un solid se transformă în gaz fără a mai trece prin starea lichidă. Aşa-

numita „gheaţa uscată” este o gheaţă din dioxid de carbon care trece din starea solidă direct în cea gazoasă — deci sublimează. Cu ajutorul ei sunt produse efectele de fum sau de ceaţă în timpul reprezentaţiilor teatrale. în mod normal, gheaţa obişnuită (cea formată din apă) se topeşte în apă lichidă înainte de a se transforma în gaz („abur”), dar sublimează direct în gaz dacă presiunea atmosferică este joasă, aşa cum este pe Marte. Primăvara, când gheaţa îşi pierde stăpânirea asupra uscatului, solul de pe pante rămâne liber şi alunecă la vale. Când solul se prăvăleşte pe câmpia de dedesubt, un praf roşu se ridică în aer. Aceste alunecări de teren pot

fi văzute din spaţiu, cu toate că, desigur, zgomotul lor infernal nu poate fi perceput, deoarece sunetul nu se propagă în vid.
Atmosfera lui Marte este mult mai rarefiată decât cea terestră şi este alcătuită din dioxid de carbon, azot şi argon. Prin urmare, compoziţia ei este asemănătoare cu cea a atmosferei Pământului, atât doar că nu există oxigen, care pe Terra este generat de vegetaţie, în timp ce pe Marte aceasta lipseşte complet. Deşi rarefiat, aerul marţian permite formarea norilor. Unii dintre ei sunt îndeajuns de mari pentru a fi văzuţi de pe Pământ. Uneori, pot fi văzuţi cum coboară împinşi de vânt de pe culmea unui munte. Un fenomen

similar poate fi observat câteodată în vârfurile zgârie-norilor sau la capetele aripilor unui avion cu reacţie.
în 1840, bancherul şi astronomul german Wilhelm Beer împreună cu colegul său Johann von Mâdler au realizat primele hărţi ale lui Marte, în care se vedeau regiunile întunecate ce rămâneau fixe. Iniţial, au fost descrise ca zone umede. Păreau să aibă culori şi intensităţi variabile, iar astronomul francez Emmanuel Liais a sugerat în 1860 că ar fi vorba de vegetaţie. El credea că schimbările s-ar fi datorat variaţiilor sezoniere. în cele din urmă, acestea s-au dovedit a fi schimbări de vizibilitate cauzate de furtunile de praf.

Astronomul italian Giovanni Schiaparelli a cartografiat Planeta Roşie în 1877 şi a denumit regiunile întunecate „continente”, „insule” şi „golfuri”. El a crezut că vede numeroase canali („canale”) lungi şi drepte, care conectează unele dintre formaţiunile geografice.
Omul de afaceri american Percival Lowell şi-a folosit averea ca să înfiinţeze un observator în Flagstaff, statul Arizona, pentru căutarea lui Pluto şi observarea lui Marte. El a văzut schimbările de culoare ale regiunilor întunecate şi le-a corelat cu schimbările calotelor polare. Când o calotă polară îşi reduce dimensiunea, o centură întunecată verde-albastră

îi mărgineşte limita exterioară, retrăgându-se pe măsură ce calota polară continuă să se micşoreze. În plus, un val de întunecime se rostogoleşte în josul canalelor spre ecuator. Totul arată ca şi când o rezervă de apă ar revigora vegetaţia, la fel ca inundaţiile sezoniere din Valea Nilului. O combinaţie între necunoaşterea subtilităţilor limbii italiene şi speranţa că pe Marte ar putea exista viaţă l-a făcut pe Lowell să interpreteze termenul canali ca desemnând „canale artificiale” şi să vadă nişte oaze în zonele pe care acestea le traversau. El şi-a imaginat liniile drepte ca fiind vegetaţie crescută de-a lungul acelor canale artificiale (aşa cum

creşte de-a lungul Nilului) ce conectau întinderile de apă cu oaze de vegetaţie. în opinia lui, canalele fuseseră săpate de marţieni ca un sistem de irigaţii care să combată seceta perpetuă prin aducerea apei de la calotele polare. Astfel, s-a răspândit credinţa că Marte ar fi o planetă veche, pe cale de a deveni aridă, ai cărei locuitori ar căuta să colonizeze Pământul, întrucât propria lor planetă era pe moarte. Această idee a fost făcută celebră de H.G. Wells în romanul Războiul lumilor, publicat în 1898. Frazele de deschidere au o rezonanţă înfiorătoare, aşa cum sunt rostite de Richard Burton în versiunea muzicală a cărţii realizată de Jeff Wayne în 1978:

Nimeni n-ar fi crezut, în ultimii ani ai secolului al XlX-lea, că inteligenţe mai puternice decât cele omeneşti, deşi la fel de muritoare, cercetau cu pătrundere şi atenţie lumea noastră, că în timp ce se preocupau de diferitele lor treburi, oamenii erau urmăriţi şi examinaţi, poate tot atât de minuţios cum, la microscop, un om examinează vietăţile efemere care mişună şi se înmulţesc într-o picătură de apă. Imaginea creată de Wells este fascinantă, dar fictivă. în 1909, după ce a observat planeta Marte prin marele telescop de la Meudon, din apropierea Parisului, astronomul francez de origine turcă Eugenios Antoniadi a conchis că, de fapt, „canalele” erau

interpretări fanteziste ale unor structuri neclare văzute prin atmosfera terestră instabilă şi că nu erau reale. Şi, într-adevăr, sondele spaţiale trimise spre Marte în Epoca Spaţială au confirmat că aceste canale nu există!
Pentru a se stabili natura adevărată a lui Marte era nevoie de o inspecţie de la mică distanţă. Prima misiune de vizitare a planetei încununată de succes a fost una de survolare. A fost vorba de sonda Mariner 4, care a trecut pe lângă Marte în 14-15 iulie 1965, a înregistrat datele strânse pe un magnetofon special şi le-a retransmis apoi spre Pământ fără presiunea timpului, după ce survolarea planetei s-a încheiat.

Imaginile solului de sub traiectoria de survol prezentau o suprafaţă plină de cratere. Totuşi ceea ce a „văzut” Mariner 4 nu era ceva tipic. Din întâmplare, sonda a zburat pe deasupra uneia dintre cele mai vechi regiuni ale planetei. Marte nu are plăci tectonice, iar atmosfera sa este rarefiată, aşa încât craterele formate pe suprafeţele vechi de până la 3,8 miliarde de ani nu au fost niciodată şterse de eroziune.
Prima sondă spaţială care a intrat pe orbită în jurul lui Marte — şi, de fapt, prima care a orbitat în jurul unei alte planete decât Pământul — a fost Mariner 9, care a ajuns acolo pe 14 noiembrie 1971. Momentul sosirii a coincis cu o furtună de

praf globală, suprafaţa planetei fiind complet acoperită. Oamenii de ştiinţă nu au putut să vadă decât un nor lipsit de caracteristici. Ghinionul i-a dezamăgit pe cei aflaţi în camera de control.
Pe Marte, furtunile de praf sunt frecvente. Adesea sunt mici tornade, care,
când se produc pe Pământ, sunt denumite „diavoli de praf”. Unele populaţii indigene de pe Pământ consideră că diavolii de praf sunt, de fapt, spirite. Aceştia sar la întâmplare de pe o colină pe alta, asemenea unor antilope sau altor vietăţi agile puse pe fugă. Unul a trecut la câţiva metri de mine în timp ce mă plimbam în preajma telescoapelor de la Observatorul

Astronomic al Africii de Sud din deşertul Karoo. Mi-a readus în minte o imagine dintr-o carte de poveşti pe care am citit-o în copilărie, O mie şi una de nopţi, în care era şi povestea lui Aladin. Diavolul de praf a zăbovit impunător în apropierea mea, la fel cum, în acea imagine, duhul din lampă îl domina pe Aladin. Era lat în partea de sus, la fel ca umerii duhului din poveste, şi continua în spirală în jos, îngustându-se până la un fuior de praf, la fel ca partea de jos a duhului. Am auzit un şuier când a trecut. Nu mi-e deloc greu să înţeleg de ce diavolii de praf pot fi văzuţi ca nişte făpturi vii şi ameninţătoare.

Diavolii de praf marţieni rătăcesc prin deşertul Planetei Roşii, deplasându-se cu viteză şi schimbându-şi direcţia într-un mod care sugerează o intenţie şi, în acelaşi timp, pare aleatoriu. Ei tulbură straturile de suprafaţă, dând la iveală materialul mai închis la culoare de sub praful roşu. Văzut din spaţiu, materialul mai întunecat dezvelit de diavoli seamănă cu nişte mâzgălituri ce marchează parcursul acestora prin deşert.
Furtunile de praf marţiene pot fi mult mai mari decât aceste tornade — atât de mari, încât uneori pot fi văzute de pe Pământ, acoperind relieful marţian, şi pot să persiste câteva luni. Furtunile răscolesc

praful nisipos şi uşor care, dacă priveşti de pe suprafaţa lui Marte, acoperă complet Soarele. Praful poate pluti deasupra panourilor solare ale unui vehicul robotizat care străbate suprafaţa planetei, reducând energia necesară deplasării acestuia şi făcându-l să se oprească. Dacă vântul îndepărtează praful într-un timp scurt, vehiculul se poate trezi la viaţă după ce Soarele îi realimentează bateriile. Dar, dacă furtuna de praf durează mai mult, iar bateriile se descarcă complet, vehiculul poate suferi din pricina frigului. Asta s-a întâmplat în 2018 cu roverul Opportunity, care şi-a încetat funcţionarea în urma unei furtuni de praf ce a cuprins

întreaga planetă. Pare improbabil că acesta se va mai trezi la viaţă, astfel că oamenii de ştiinţă de la NASA s-au văzut nevoiţi să-l abandoneze şi să-şi îndrepte atenţia asupra următoarelor misiuni.
Vântul suflă praful pretutindeni, acoperind în întregime suprafaţa planetei,
chiar şi calotele polare, care capătă o structură stratificată, ca un tort cu straturi de ciocolată şi frişcă — un strat de praf se depune peste gheaţă, apoi gheaţa se formează din nou şi este iar acoperită de praf. Furtunile de praf cele mai mari au loc vara, când curenţii de convecţie duc la formarea de vânturi puternice, care ridică praful. Iar dintre aceste

furtuni de vară cele mai puternice se produc în emisfera sudică a planetei. Motivul pentru acest lucru este faptul că, întâmplător, Marte este considerabil mai aproape de Soare pe perioada verii din emisfera sudică a planetei decât pe perioada verii din emisfera nordică. Prin urmare, vara sudică este mai caldă decât vara nordică, iar curenţii de convecţie sunt mai puternici atunci, astfel că furtunile de praf sunt şi ele mai puternice. Odată începute, furtunile mari pot dura săptămâni sau luni.
Oamenii de ştiinţă nu se dau bătuţi uşor. Pentru că sonda a ajuns la destinaţie într-o perioadă în care nu se putea vedea nimic,

controlorii lui Mariner 9 au amânat explorarea suprafeţei lui Marte, aşteptând ca praful să se reaşeze, lucru care s-a întâmplat după două luni, la mijlocul lui ianuarie 1972. Răbdarea le-a fost răsplătită din plin, căci Mariner 9 a dat la iveală structura reliefului marţian. Astfel, roverul a văzut vulcanii recent formaţi, dintre care cel mai mare este Olympus Mons, înalt de 24 000 de metri. Dacă ne gândim că cel mai înalt munte de pe Pământ, Everest, are 8 848 de metri, observăm că Olympus Mons este de aproape trei ori mai înalt. Cel mai mare vulcan de pe Pământ este Mauna Loa, care cuprinde aproape în întregime cea mai mare insulă a arhipelagului Hawaii, înrădăcinat

adânc în Oceanul Pacific de sub el. Olympus Mons are un volum de 100 de ori mai mare. Tocmai datorită dimensiunilor sale a primit acest vulcan de pe Marte un nume atât de măreţ. Pe Pământ, muntele Olimp era sălaşul zeilor. Olympus Mons este asociat cu un număr de alţi vulcani concentraţi într-o regiune vulcanică a Planetei Roşii denumită Provincia Tharsis. Acolo există structuri care arată ca nişte scurgeri de lavă recente, vechi poate doar de câteva milioane de ani, dar nu au fost observate vreodată erupţii active sau scurgeri de lavă şi se pare că nu există o activitate seismică violentă (cutremure marţiene).

în 1972, Mariner 9 a descoperit şi un sistem de canioane — mai exact, o vale de rift, Valles Marineris, care a preluat numele satelitului. Canionul se întinde pe 4 000 de kilometri de la est la vest, de-a lungul ecuatorului. Este lat de 600 de kilometri şi adânc de 7 kilometri. în comparaţie cu Marele Canion din Arizona, Valles Marineris este de cinci până la zece ori mai mare în toate dimensiunile. Dar, în acelaşi timp, Mariner 9 a arătat că relieful cel mai comun de pe Marte îl constituie câmpiile vaste şi aride, roşii sau galbene.
Misiunile revoluţionare care au scos la lumină o mare parte din viaţa secretă de pe Marte au fost

cele efectuate de sondele spaţiale Viking în anii 1975 şi 1976. Au fost două la număr. Fiecare a fost compusă din câte două părţi: un lander şi o navă-mamă, care a rămas pe orbită în jurul lui Marte după asolizarea landerului. Cele două landere au fost primele care au coborât pe suprafaţa lui Marte. Viking Lander 1 a rămas operaţional timp de şase ani, iar Viking Lander 2, trei ani. Acestea au căutat, dar nu au reuşit să găsească urme biochimice — suprafaţa era sterilă. Se pare că nu există viaţă pe suprafaţa lui Marte — sau cel puţin nu există forme de viaţă care să fi fost puse în evidenţă prin testele realizate de aparatura de pe lander.

Marea surpriză a fost că aceste misiuni au furnizat dovezi că odinioară vaste cantităţi de apă acopereau zone întinse ale planetei. Dovezile au constat în structuri geologice care în mod normal sunt create de apă. Astfel, s-au găsit zone plate cuprinse în interiorul unor bazine închise — în mod evident, mâl consolidat pe fundul lacurilor. Aceste lacuri au format straturi de argilă. Argila este un cuvânt care în vorbirea curentă are o utilizare destul de largă, dar în geologie are o semnificaţie precisă. Straturile aplatizate au fost investigate ulterior cu ajutorul unor sateliţi orientaţi în jos, pentru determinarea compoziţiei chimice.

S-a demonstrat în mod categoric că structura lor chimică este alcătuită din minerale depuse de apă, ceea ce a confirmat că, pe vremuri, părţi din Planeta Roşie s-au aflat sub apă.
Sondele din cadrul programului Viking au văzut pe Marte sisteme de văi alcătuite din văi mai mici, sinuoase care se uneau cu văi mai mari aflate la un nivel mai jos — în mod evident, albii secate de pâraie şi de râuri. Caracteristicile unor sisteme de văi sugerau că pâraiele şi râurile au curs pe uscat pe sub staturile de gheaţă sau pe sub gheţari. în plus, s-au găsit alte dovezi sub forma unor „insule” în formă de lacrimă înălţate deasupra câmpiilor, în aval de obstacole

precum pereţi de cratere. Ţărmurile acestor insule aveau forma unor faleze înalte de sute de metri, măturate şi erodate de un potop violent. Unele câmpii erau presărate cu bolovani rotunjiţi, rostogoliţi cândva de ape curgătoare. Astfel, s-au înmulţit dovezile potrivit cărora, în trecut, Marte a avut apă în abundenţă, într-o perioadă care a fost denumită „noachian", după numele zonei Noachis Terra („Ţinutul lui Noe") din sudul planetei — o referire la Noe şi la potopul biblic. Apa este o premisă obligatorie pentru viaţă. Pe Pământ, viaţa a început în oceane, probabil în apele adânci din apropierea zonelor active vulcanic de pe

fundul mării. Chiar dacă vietăţile oceanice s-au târât pe ţărmurile marine şi acum sălăşluiesc pe uscat, trebuie să bea apă ca să-şi reîmprospăteze apa pierdută prin procesele biologice. Apa este necesară ca solvent pentru reacţiile biochimice care fac viaţa să funcţioneze. Dovezile că în trecut au existat pe Marte cantităţi mari de apă au dat naştere presupunerii că s-ar putea să se mai găsească în unele locuri cantităţi mici şi au constituit un imbold pentru căutarea mai atentă şi pe o scară mai largă a posibilelor urme de viaţă.
Ritmul explorării lui Marte s-a înteţit începând din 1980 — lansări mai puţine, dar cu misiuni de

durată mai lungă, care au făcut mai multe descoperiri. începând din 2010, au fost în permanenţă între patru şi opt sonde spaţiale active pe şi în jurul lui Marte. Cele mai spectaculoase vehicule sunt cele care au coborât şi s-au deplasat pe suprafaţa marţiană. Aceste vehicule comandate de la distanţă (denumite „rovere”) au dimensiuni cuprinse între o măsuţă de cafea şi o maşinuţă de golf, fiind capabile să parcurgă distanţe între 100 de metri şi zeci de kilometri. Cele mai recente rovere sunt capabile să selecteze un loc interesant de vizitat, prin comunicare cu Pământul, şi să-şi croiască drum până acolo, parţial autonom, ocolind obstacolele în

mod independent. Semnalele radio au nevoie de până la 25 de minute ca să ajungă de la Marte la Pământ sau invers, aşa încât ar putea trece cu uşurinţă o oră între momentul în care roverul vede un obstacol şi cel în care primeşte de pe Pământ o comandă care să-i spună cum să-l ocolească. Este mult mai rapid când decizia se ia la faţa locului!
Printre studiile efectuate se numără cartografierea suprafeţei, analizarea compoziţiei rocilor şi studierea atmosferei şi a câmpului magnetic marţian.
Culoarea roşie a lui Marte se datorează stratului de praf care acoperă planeta. Acesta se răspândeşte în atmosferă şi colorează cerul în oranj. Praful este

alcătuit din diferite varietăţi de hematit — un mineral de oxid feric roşu sau oranj, asemănător ruginii. De regulă, acest mineral se formează în apă şi a fost găsit în abundenţă în regiunea Terra Meridiani a planetei. în 2004, Opportunity Rover a coborât în acea regiune pentru investigaţii, pornind de la supoziţia că, dacă în Terra Meridiani au fost mari cantităţi de apă, trebuie să se găsească acolo şi urme de viaţa marţiană. Opportunity a găsit regiuni acoperite cu mici sfere compuse dintr-un tip de hematit format în apă, care este mai puţin roşu decât de obicei. Când imaginile realizate de Opportunity au fost prelucrate pentru a scoate

în evidenţă aceste globule, „mai puţin roşu” a devenit, prin exagerare, „albastru”, iar globulele au fost denumite „afine” de echipa care a coordonat misiunea Opportunity. Afirmaţia că pe Marte ar exista afine nu echivalează cu o declaraţie privind descoperirea vieţii acolo!
Câmpul magnetic al lui Marte este slab, având de regulă mai puţin de 1% din intensitatea câmpului magnetic terestru. Este foarte slab deasupra ţinuturilor joase nordice, unde scoarţa terestră este mai recentă, deasupra regiunilor cu cratere mari şi adânci şi deasupra zonelor vulcanice active. Este mai intens în regiunea podişurilor înalte din sud, care este o zonă mai

veche, neafectată de impacturi gigantice sau de vulcanism. Câmpul magnetic al Pământului nu influenţează puternic viaţa cotidiană a planetei noastre, deci poate fi scuzabil să considerăm câmpul magnetic al unei planete ca neimportant. Dar intensitatea slabă a câmpului magnetic marţian este motivul pentru care planeta s-a schimbat din umedă şi caldă în aridă şi rece, după cum poate explica de ce viaţa n-a început niciodată pe Marte sau, dacă a început, de ce n-a explodat, astfel încât să devină o trăsătură dominantă a planetei, cum s-a întâmplat aici, pe Pământ. Câmpul magnetic terestru ia naştere în principal din acel dinam

intern, fiind cauzat de mişcările circulare din nucleul de fier topit al planetei. înconjurând Pământul şi atmosfera acestuia, el se extinde în spaţiu până la o distanţă de 400 000 de kilometri, adică până dincolo de orbita Lunii. Volumul care cuprinde acest câmp magnetic se numeşte magnetosferă. Marte a avut cândva o astfel de magnetosferă, generată de un dinam, care i-a magnetizat rocile mai vechi (ştim asta datorită urmelor reziduale de magnetism din rocile vechi găsite acolo). însă dinamul şi-a încetat funcţionarea. Iar dinamul şi-a încheiat funcţionarea pentru că mişcările circulare din nucleul de fier lichid al lui Marte au încetat. De ce s-a

întâmplat acest lucru rămâne unul dintre secretele încă nedescoperite ale lui Marte. Probabil că, fiind o planetă mică, nucleul s-a răcit rapid şi a devenit cleios, după care s-a solidificat. Poate că structura internă a lui Marte este diferită de cea a Pământului, iar mecanismul care creează mişcările circulare în interiorul Pământului nu există în cazul lui Marte. Un lucru bun este că nucleul de fier al Terrei este mai mare şi conţine mai mult material radioactiv decât cel al lui Marte, iar suprafaţa nucleului, pe unde acesta se răceşte, este proporţional mai mică. Deşi nucleul se răceşte, va dura multe miliarde de ani până să se solidifice, aşa că sigur nu se va întâmpla în timpul vieţii noastre

— un lucru mai puțin pentru care să ne facem griji!
Câmpul magnetic din jurul rocilor mai vechi este câmpul magnetic slab, rezidual al lui Marte. Rocile în care câmpul magnetic este ancorat s-au format pe Marte înainte de închiderea dinamului. Rocile similare care au fost inițial magnetízate şi-au pierdut magnetismul dacă au fost încălzite de vulcanism sau de impacturile meteoriţilor (la temperaturi mai mari de câteva sute de grade) şi s-au topit, după care s-au resolidificat. Iată de ce nu există vreo urmă de câmp magnetic în rocile de pe fundul bazinului Helias, un crater meteoric de mari dimensiuni din emisfera sudică.

Rocile formate recent, după închiderea dinamului, n-au avut niciodată un câmp magnetic. Cele din emisfera nordică a lui Marte sunt în general mai tinere — această emisferă este mai plată şi mai joasă decât emisfera sudică deluroasă, fiind formată din câte se pare în urma scurgerilor vulcanice şi a depunerii sedimentelor. Oricare ar fi motivul, rocile din emisfera nordică sunt mai recente, aşa încât câmpul magnetic este deosebit de slab deasupra jumătăţii nordice a planetei.
Slăbirea câmpului magnetic marţian din cauza solidificării nucleului a avut efecte devastatoare asupra planetei. Magnetosfera terestră se extinde

până dincolo de Lună şi ne protejează atmosfera de vântul solar, un flux puternic de particule încărcate electric emanate de Soare. în schimb, Marte nu are parte de această protecţie. Câmpul său magnetic este slab şi se extinde deasupra emisferei sudice doar până la o înălţime de, să zicem, 1 500 de kilometri. în cazul cel mai bun, scutul său magnetosferic devine îndeajuns de puternic pentru a forma un fel de apărare doar aproape de suprafaţa planetei, în consecinţă, particulele încărcate electric din vântul solar interacţionează cu atmosfera şi o încălzesc. Astfel, moleculele atmosferice sunt expulzate în

spaţiul cosmic cu viteze de peste 400 km/s.
Cu atmosfera împuţinată, suprafaţa lui Marte este expusă luminii ultraviolete şi radiaţiei solare, care ar fi mortale pentru formele de viaţă de la suprafaţa planetei. O atmosferă rarefiată mai înseamnă şi că presiunea este de 1% din presiunea atmosferică terestră, prea mică pentru ca apa lichidă să existe la suprafaţa planetei, iar efectul de seră slab înseamnă că în regiunile polare, pe timpul nopţii, temperatura poate să scadă până la -140 °C.
Biografia planetei care reiese din aceste descoperiri spune că pe vremuri Marte era o planetă caldă şi umedă, cu lacuri şi cratere

inundate de apă. Avea o atmosferă densă şi multă apă lichidă şi gheaţă. Apa se acumula la suprafaţă şi forma lacuri cu fund plat de argilă. Toate acestea s-au schimbat destul de brusc când Marte şi-a pierdut câmpul magnetic. Câmpurile sale de gheaţă şi gheţarii s-au topit, apa acumulându-se în spatele barajelor de gheaţă. în cele din urmă, barajele s-au topit şi au eliberat curenţi masivi de apă, care apoi s-a evaporat. Marte a devenit în cea mai mare parte locul arid şi rece care este astăzi.

Dacă ar fi avut la dispoziţie timp şi

mai mult noroc în păstrarea magnetosferei, este posibil ca pe Marte să se fi dezvoltat viaţa, chiar şi făpturile extraterestre de genul celor imaginate de H.G. Wells. Dacă s-ar fi întâmplat asta,

probabil că ne-am fi confruntat cu un „război al lumilor” adevărat. Dar nu s-a întâmplat. Există speranţa ca unele forme de viaţă primitivă să se fi dezvoltat demult, în noachian, şi să fi supravieţuit până acum în medii de

nişă. Acesta este unul dintre secretele lui Marte pe care cercetătorii speră să-l scoată la lumină

.Capitolul 7

Meteoritii martieni: aşchii sărite din trunchi

9 *9* *9*

* Clasificare ştiinţifică: Phobos şi Deimos, sateliţii lui Marte.

* Distanţă faţă de Marte:

Phobos: 0,024 x distanţa dintre

Pământ şi Lună = 9 377 km;

Deimos: 0,061 x distanţa dintre

Pământ şi Lună = 23 460 km.

* Perioadă orbitală: Phobos: 7,66

ore; Deimos: 30,3 ore.

* Diametru: Phobos: 2 km; Deimos:

13 km.

* Perioadă de rotaţie: Sincronă.

* Temperatură medie a suprafeţei: -

40 °C.

* Datorie secretă: „Veniserăm doar în vizită, dar, când am ajuns aici, Marte ne-a oferit spaţiu şi a insistat să rămânem”.

Marte are doi sateliţi mici, de formă neregulată, denumiţi Phobos şi Deimos — care în greacă înseamnă Spaima şi Groaza (sau Frica şi Teroarea). Ambii sateliţi au fost descoperiţi în august 1877 de astronomul Asaph Hali de la Observatorul Naval al Statelor Unite din Washington, DC. Hali şi-a propus de la început să determine dacă Marte are sateliţi şi şi-a dat seama că circumstanţele

observaţionale erau deosebit de favorabile în acel an, în care Pământul se afla neobişnuit de aproape de Marte. întrucât Planeta Roşie era atât de luminoasă, el a încercat să cerceteze amănunţit regiunile din apropierea planetei, în speranţa că va desluşi sateliţi în acea strălucire.
Pe 11 august, Hali a surprins un punct luminos slab în apropiere de Marte şi abia a avut timp să-i măsoare poziţia înainte ca ceaţa provenită de la fluviul Potomac să-i închidă fereastra observaţională. Vremea înnorată l-a împiedicat să lucreze câteva zile, cu toate că a dormit la observator ca să poată profita de orice interval de claritate, oricât de scurt. Chiar şi

după ce norii s-au risipit, o furtună izbucnită în apropiere a înrăutăţit atât de mult condiţiile meteo, iar imaginea lui Marte era atât de instabilă, încât nu a putut să vadă nimic. Dar a găsit din nou satelitul pe 16 august. A fost atât de mândru de descoperirea lui încât, în entuziasmul său, nu a putut să o ţină doar pentru el:
Până în acest moment, n-am spus nimănui de la observator că mă aflu în căutarea unui satelit al lui Marte, dar când am plecat de acolo după observaţiile din 16 august, pe la trei dimineaţa, i-am spus asistentului meu, George Anderson, căruia îi arătasem obiectul, că, după părerea mea, descoperisem un satelit al lui

Marte. I-am spus totodată să-şi ţină gura, pentru că nu voiam să anunţ nimic până când nu eram absolut sigur. El n-a spus nimic, dar era un lucru atât de frumos, încât nu m-am putut abţine eu. Pe 17 august, între orele 13 şi 14, în timp ce îmi prelucram observaţiile, profesorul Newcomb a intrat în cabinetul meu ca să-şi mănânce prânzul şi i-am arătat măsurătorile obiectului slab luminos din apropierea lui Marte, care dovedeau că acesta se mişca odată cu planeta.
Mai târziu în acea noapte, Hali a descoperit şi al doilea satelit: Timp de câteva zile, satelitul interior a fost o enigmă. Apărea în diferite părţi
ale planetei în aceeaşi noapte şi iniţial am crezut că sunt doi sau

trei sateliţi interiori, întrucât mi se părea foarte puţin probabil în acel moment ca un satelit să se rotească în jurul planetei sale într-un timp mai scurt [7 ore şi 39 min] decât perioada de rotaţie a planetei [24 ore şi 36 min]. Ca să rezolv această enigmă, am urmărit satelitul pe toată durata nopţilor de 20 şi 21 august şi am văzut că, de fapt, exista un singur satelit interior.

Hali a înţeles imediat comportamentul straniu al sateliţilor, aşa cum erau văzuţi de pe Marte:

Nu trebuie să te gândeşti prea mult ca să-ţi dai seama cât de ciudată ar putea fi apariţia acestor doi sateliţi pentru un locuitor al lui

Marte. Datorită mişcării rapide a satelitului interior, acesta va răsări la vest şi va apune la est şi — întâlnindu-se şi depăşind satelitul extern — îşi va parcurge toate fazele în [şapte ore, de două ori într-o zi marţiană].
Numele sateliţilor, Deimos pentru cel exterior şi Phobos pentru cel interior, i- au fost sugerate lui Hali de Henry Madam, un profesor de la Colegiul Eton, care s-a inspirat din Cântul XV al Iliadei.

[...] Ares**, cu mâinile-ntinse de

jale,

Bate-se-n coapsele-i tari, se văietă

şi cuvântează:

„Zeilor olimpieni, să nu vă-nciudaţi
voi acuma
Dacă mă duc la război. Eu voi să
răzbun numai moartea
Fiului meu; nu-mi pasă nici chiar
de mă fulgeră Zeus
Şi mi-o fi scris între leşuri, în sânge
şi-n praf să-mi dau duhul”.
Asta rostind, a zorit apoi Groaza şi
Spaima să-nhame Caii, iar el s-a
încins cu armele-i scânteietoare.***

Familia Madan are meritul de a fi botezat trei corpuri cereşti pe baza unor aluzii clasice. Henry Madan era fratele lui Falconer Madan, bibliotecar la Biblioteca Bodleiană a Universităţii Oxford. Fiica de 11 ani a lui Falconer, Veneţia Burney, a sugerat numele planetei Pluto (Capitolul 16); în mitologia romană, Pluto era zeul infernului, iar planeta este foarte depărtată de Soare, drept care este rece şi întunecată, aşa cum îşi imaginau anticii infernul.

Ambii sateliţi marţieni sunt mici, Phobos fiind cel mai mare. Nu au nicidecum o formă sferică, ci mai degrabă aspectul de cartof al asteroizilor. într-adevăr, o teorie privind originea lor spune că sunt

asteroizi capturaţi la trecerea prin apropierea lui Marte. Orbita lui Phobos este atât de apropiată de Marte (la numai 5 800 de kilometri de suprafaţa planetei, în comparaţie cu distanţa de 400 000 de kilometri care ne separă de Lună), încât forţele mareice generate de gravitaţia marţiană îl trag în jos. El se apropie de Marte cu aproape 2 metri în fiecare secol. în cele din urmă, sau se va dezintegra în fragmente mici şi va crea un sistem de inele, asemenea celor ale lui Saturn, sau se va prăbuşi pe Marte în 50 de milioane de ani. Aşadar viaţa lui Phobos se va sfârşi într-un timp relativ scurt, printr-unul dintre evenimentele spectaculoase menţionate.

Suprafaţa lui Deimos este, cu excepţia craterelor de impact, netedă şi acoperită cu rocă pulverizată şi praf. Cea mai mare denivelare de pe suprafaţa lui Phobos este un crater cu diametrul de circa 9,5 kilometri. A fost botezat Stickney, după numele de fată al soţiei lui Asaph Hali. Suprafaţa din jurul lui este acoperită cu aproximativ zece ansambluri de şanţuri şi dâre. Ele radiază dinspre zona din faţă a lui Phobos — adică dinspre „botul” său, dacă ni-l imaginăm pe Phobos ca având faţa îndreptată în direcţia deplasării lui pe orbită. O teorie susţine că şanţurile au fost formate de bolovanii rostogoliţi de la locul impactului ce a cauzat formarea

craterului Stickney. Potrivit unei alte teorii, şanţurile ar fi fost formate de mai multe coliziuni între satelit şi alte roci aflate pe orbita lui Marte, aşa cum partea frontală a unei maşini ar avea de suferit dacă maşina ar fi condusă cu viteză prin granulele aruncate pe şosea pentru topirea gheţii. Aceste roci au fost probabil proiectate în spaţiu chiar de pe suprafaţa lui Marte.

Sistemul solar este plin cu astfel de fragmente de rocă ce provin de pe Marte. Peste o sută dintre ele au fost descoperite pe Pământ, unde au căzut ca meteoriţi. Această familie de fragmente mici a fost aruncată în spaţiu de pe suprafaţa Planetei Roşii în urma impacturilor

unor asteroizi. „Aşchia nu sare departe de trunchi” este un vechi proverb referitor la copiii care seamănă cu părinţii lor, o expresie care descrie în mod adecvat aceste progenituri marţiene.
Primul meteorit marţian a fost văzut căzând pe Pământ cu un zgomot asemănător unei salve de muschete la ora 8:30 în dimineaţa zilei de 3 octombrie 1815, în apropiere de Chassigny, în regiunea franceză Burgundia. A lăsat în urmă o dâră de fum. Un om care şi-a început munca devreme într-o vie apropiată a văzut ceva căzând din nori cu un sunet şuierător, ca o ghiulea de tun. (Acest eveniment a avut loc în momentul când Franţa încheia

perioada de decenii a Războaielor Napoleoniene; mulţi dintre francezi erau familiarizaţi cu zgomote cazone, ca acelea de muschete şi tunuri.) Viticultorul a dat fuga să vadă despre ce era vorba. într-o mică groapă din terenul de curând arat, el a găsit nişte pietre fierbinţi la atingere, ca şi cum ar fi fost încălzite de soare. Pietrele s-au dovedit a fi meteoriţi.

Un al doilea meteorit marţian a fost văzut şi auzit căzând pe 25 august 1865 de Hanooman Singh în apropiere de Shergotty, în statul Buhar din India. A fost recuperat de W.C. Costley, administratorul adjunct din Shergotty, cu ajutorul lui T.F. Peppe, agentul adjunct pentru opiu din acea regiune. De

menţionat că localitatea era un centru pentru prelucrarea opiului cultivat pe terenurile din zonă şi exportat mai apoi în China. Peppe supraveghea acest comerţ în numele guvernului britanic. Cu alte cuvinte, cunoştinţele noastre despre Marte datorează ceva unui dealer de droguri finanţat de guvern.

Un al treilea impact a avut loc în cursul unei ploi de meteoriţi nu departe de Nakhla, sat egiptean din apropiere de Alexandria, la 28 iunie 1911. Meteoriţii au fost colectaţi de pe terenul agricol din jurul satului — unde căzuseră printre bame, castraveţi şi căpşuni — de către William Hume, directorul Prospecţiunilor

Geologice din Egipt. Un bărbat care susţinea că ar fi văzut cu ochii lui episodul, a descris că unul dintre meteoriţi a lovit un câine, pe care l- a transformat în cenuşă. Dacă ar fi adevărată, această relatare mult repetată ar fi primul şi, deocamdată, singurul caz consemnat în care o fiinţă terestră a fost ucisă de un obiect marţian. Din păcate, martorul ocular a descris evenimentul ca petrecându-se la 30 de kilometri de locul unde căzuseră de fapt meteoriţii, indicând greşit şi ziua. Relatarea este produsul exagerat al unei imaginaţii bogate, iar adevărul a stricat o poveste reuşită.
Oraşele Shergotty, Nakhla şi Chassigny au dat clasei de

meteoriţi denumirea de meteoriţi SNC, numiţi şi meteoriţi „Snick”. Modul în care meteoriţii SNC au ajuns de pe Marte pe Pământ a fost descoperit prin măsurarea elementelor radioactive din roci şi a produşilor rezultaţi din dezintegrarea acestora, care, după ce rocile s-au solidificat, au rămas prinşi în rocile cu pricina. Rocile au fost cel mai recent topite în urmă cu 1 370 de milioane de ani, adică mult mai curând decât majoritatea meteoriţilor, care s-au solidificat cu 4 000 de milioane de ani în urmă, sau mai mult, ceea ce demonstrează originea neobişnuită a meteoriţilor SNC. Compoziţia lor chimică este similară cu rocile de la suprafaţa lui Marte, iar unul

dintre meteoriţii SNC include în materialul său sticlos bule pline cu un gaz având exact compoziţia atmosferei marţiene. Aceasta dovedeşte că meteoriţii provin dintr-o câmpie de magmă de pe Marte, care s-a solidificat după o erupţie vulcanică ce a avut loc cu 1 370 de milioane de ani în urmă. Majoritatea meteoriţilor SNC vin dintr-o bucată mare a planetei Marte ejectată de impactul unui asteroid cu o câmpie de magmă în urmă cu 200 de milioane de ani. Probabil că impactul a proiectat în spaţiu şi o ploaie de fragmente mai mici. Acest eveniment se poate să fi fost cel care a cauzat ansamblurile de şanţuri care radiază dinspre partea frontală a

lui Phobos sau, dacă nu, un eveniment asemănător cu acesta. Fragmentul din Marte ejectat în spaţiu cu 200 de milioane de ani în urmă a părăsit planeta şi s-a înscris pe orbită ca un asteroid în sistemul solar. în urmă cu zece milioane de ani, s-a ciocnit cu un alt asteroid şi s-a dezintegrat. Fragmentele rezultate s-au împrăştiat în toate direcţiile, rătăcind în spaţiu alte 10 milioane de ani, unele dintre ele căzând recent pe Pământ.
Această poveste ne arată că, în pofida distanţelor de zeci de milioane de kilometri care separă planetele sistemului solar, acestea nu sunt complet izolate unele faţă de altele. între ele au loc schimburi de material. Astfel, materialul de

pe Lună a căzut pe Pământ sub forma aşa-numiţilor meteoriţi selenari. Există, de asemenea, material de pe Pământ proiectat pe Lună. Un astfel de fragment a fost recuperat şi readus pe Pământ de astronauţii misiunii Apollo 14 — un fragment de 2 grame înglobat într-o rocă de mărimea unei mingi de fotbal catalogată drept „mostra lunară 14321” şi cunoscută neoficial ca Big Bertha. Aşa cum există un trafic bidirecţional între Pământ şi Lună, tot aşa există unul între Marte şi Pământ, cele două planete făcând schimb de material. Când asteroidul care a provocat extincţia dinozaurilor fără pene a lovit fundul mării în apropierea Peninsulei Yucatan, au fost

proiectate în spaţiu fragmente din craterul cu diametrul de 150 de kilometri creat în urma impactului. în mod similar, bucăţi de gresie din platoul Arizona din apropiere de Flagstaff au zburat în spaţiu când s-a format Craterul Meteorului Barringer, cu diametrul de 2 kilometri, aflat pe teritoriul actual al Statelor Unite ale Americii. Există cratere pe tot cuprinsul planetei, aşa încât meteoriţi din mai toate ţările circulă prin spaţiu, îmbulzindu-se şi dându-şi coate asemenea unor diplomaţi la un cocteil organizat de ONU. Aşadar o parte din solul din jardiniera de la geam sau din grădină — o mică parte — provine de pe Marte, iar morcovii pe care îi

mănânci conţin o cantitate infimă din Planeta Roşie. Şi, aşa cum solul marţian este presărat pe Pământ, suprafaţa lui Marte este presărată cu solul planetei noastre. Şi poate că acel sol terestru conţinea organisme care s-au dezvoltat în mediul nostru fertil. Şi poate că cele mai rezistente dintre ele au supravieţuit în spaţiu, iar cele mai rezistente dintre acestea, după ce au efectuat o călătorie interplanetară şi au avut şansa să cadă în locurile ospitaliere ale Planetei Roşii, au supravieţuit şi au colonizat planeta Marte. S-ar putea să descoperim plini de entuziasm viaţă pe Marte şi să constatăm că aceasta a ajuns acolo de pe Pământ.

Zeul războiului în mitologia greacă, al cărui corespondent roman este Marte. (N.r.)

Homer, Iliada, trad. George Murnu, Editura Univers, Bucureşti, 1985, p. 329. (N.r.

)**Capitolul 8**

Ceres: planeta care n-a mai apucat să crească

* Clasificare ştiinţifică: planetă pitică.

* Distanţă faţă de Soare: 2,77 x distanţa Pământ-Soare = 414 milioane kilometri.

* Perioadă orbitală: 4,60 ani.

* Diametru: 0,28 x diametrul Lunii

= 960 km.

* Perioadă de rotaţie: 0,378 zile.

* Temperatură medie a suprafeţei: -

105 °C.

* Nemulţumire secretă: „Aş fi putut să candidez pentru statutul de planetă, dar nu mi-a dat voie Jupiter”.

Pe 1 ianuarie 2000, ca orice alt locuitor al planetei, am sărbătorit

începutul unui nou secol şi al unui nou mileniu, chiar dacă ştiam că ziua nu era cea corectă: mai trebuia să treacă un an. Fără îndoială, 1 ianuarie era începutul unui an nou, dar se pare că numărul de zerouri din numărul anului i-a conferit o importanţă mai mare decât ar fi meritat. La drept vorbind, secolul XX al erei noastre s-a încheiat pe 31 decembrie 2000, aşa încât secolul XXI a început pe 1 ianuarie 2001.
în mod similar, dacă e să calculăm corect, 1 ianuarie 1801 a fost prima zi a secolului al XlX-lea. Acest secol a fost marcat de descoperirea unei planete noi, o coincidenţă întâmpinată de toată lumea cu entuziasm, ca un motiv

de optimism. în retrospectivă, ştim acum că pentru Europa avea să urmeze peste
un deceniu de lupte sângeroase, foamete, boli şi sărăcie provocate de Războaiele Napoleoniene. în cele din urmă, cei patru cavaleri ai apocalipsei au luat faţa noii planete, iar optimismul s-a dovedit a fi în van.
Persoana care a descoperit noua planetă a fost Giuseppe Piazzi, un călugăr din ordinul teatin****. în după-amiaza zilei de 1 ianuarie, acesta îşi pusese paltonul cel mai lung şi mai călduros pentru a merge la observatorul lui dintr- un turn al palatului regal din Palermo. Palermo era un oraş prosper şi, dacă ar fi să luăm ca reper

practicile curente din Italia, în ziua de Anul Nou familiile înstărite ale oraşului s-au dus mai întâi la slujba religioasă, iar după miezul zilei s-au ospătat cu un prânz prelungit de trei ore. Pe măsură ce se înser a, aceştia plecau în vizită la rude şi prieteni — prilej de discuţii, jocuri de cărţi şi alte jocuri de noroc. Dar nu şi Piazzi. Foarte probabil, a luat parte la slujba religioasă de dimineaţă, la fel ca ceilalţi palermitani, dar şi-a rezervat după-amiaza pregătirilor pentru munca sa nocturnă. Urma să-şi petreacă noaptea la ocularul telescopului de sub acoperişul deschis al observatorului său. Ca să-şi protejeze chelia de frigul nopţii, trebuia să-şi pună tichia specială

pentru observaţii, fără boruri, ca să nu-i stea în cale când îşi apropia ochiul de telescop. Mănuşile de observaţie erau suficient de călduroase, deşi îi lăsau expuse vârfurile degetelor, ca să poată regla mecanismele din alamă ale telescopului. Poate că, în răcoarea serii senine, prin deschiderea din cupolă îi auzea pe palermitani grăbindu-se pe străzi fie ca să facă o vizită, fie ca să participe la festivităţi. Prin contrast, activitatea pe care Piazzi şi-o impusese singur pentru acea seară era mai ascetică: plănuise să măsoare poziţiile unor stele din constelaţia Taurul.
Ca sursă de referinţă, Piazzi a folosit catalogul alcătuit de astronomul francez Abbé Nicolas

Louis de Lacaille, măsurând din nou stelele lui Abbé pentru a le actualiza poziţiile. în apropierea uneia dintre ele, Piazzi a găsit o stea necatalogată — una pe care aparent Lacaille o trecuse cu vederea. I-a măsurat poziţia şi a revenit în serile următoare ca să-şi verifice rezultatele: steaua nu se mai afla în acelaşi loc.

în seara zilei de 1 ianuarie a anului curent, alături de alte câteva stele, am
căutat-o pe a optzeci şi şaptea din Catalogul stelelor zodiacale al domnului Lacaille. Am descoperit că era precedată de o alta, pe care, după cum obişnuiesc, am observat-o într-un mod asemănător, întrucât nu împiedica observaţia principală. Avea o lumină puţin cam slabă, de

culoarea lui Jupiter, dar era similară cu multe alte stele care în general sunt încadrate la magnitudinea a opta. Prin urmare, nu m-am îndoit câtuşi de puţin că ar fi altceva decât o stea fixă.
în seara zilei de 2 ianuarie, mi-am repetat observaţiile şi, constatând că steaua nu mai corespundea [ca poziţie] cu observaţia precedentă, am început să mă îndoiesc de exactitatea calculelor mele. După aceea m-a frământat bănuiala că s-ar putea să nu fie o stea nouă. în seara celei de-a treia zile, bănuiala mea s-a preschimbat în certitudine, fiind acum sigur că nu era o stea fixă.
Schimbarea de poziţie indica faptul că „steaua" trebuia să fie o planetă

sau poate o cometă, deşi Piazzi nu vedea niciun fel de coadă sau înceţoşare a imaginii. Piazzi i-a calculat orbita, care părea să fie un cerc situat între orbitele lui Marte şi Jupiter, umplând un gol mare în sistemul solar. Piazzi a conchis că descoperise o nouă planetă. A numit-o Ceres, după zeiţa agriculturii şi divinitatea protectoare a Siciliei. Surprinzător era faptul că noua planetă avea o strălucire atât de slabă. Alte planete, uneori aflate la distanţe considerabil mai mari, sunt mult mai strălucitoare. Trebuia să aibă dimensiuni semnificativ mai mici, astfel încât să intercepteze şi să reflecte mult mai puţină lumină solară.

în timpul anului următor, Ceres a fost observată intens pentru îmbunătăţirea datelor referitoare la orbita sa. Dacă acest lucru nu se face imediat după descoperire, astfel încât poziţiile viitoare ale planetei să poată fi prezise cu precizie, aceasta s-ar putea deplasa apoi în poziţii în care, din anumite motive, să nu mai poată fi văzută (de exemplu, ajunge în spatele Soarelui), pierzându-se apoi în confuzia creată de celelalte stele. Dacă ştii cu exactitate unde se va afla când va reapărea, o poţi regăsi mai uşor. La sfârşitul lui martie 1801, Wilhelm Olbers, un doctor faimos din oraşul german Bremen, în acelaşi timp şi un pasionat astronom amator, făcea

observaţii repetate ale lui Ceres şi ale stelelor din apropiere când a văzut o stea care nu se aflase acolo mai devreme, în ianuarie. El a măsurat poziţia stelei şi a urmărit-o vreme de două ore. La fel ca Ceres, şi aceasta se mişca.
Ce era obiectul descoperit de Olbers? „Ce-aş putea să cred despre această nouă stea?”, scria el. „Este o cometă ciudată sau o planetă nouă? Deocamdată, nu îndrăznesc să judec. Este sigur că nu seamănă cu o cometă în telescop, căci nu se vede în jurul ei nicio urmă de nebulozitate sau de atmosferă.” Acest nou corp ceresc a fost denumit Pallas. S-a dovedit a avea o orbită similară cu a lui Ceres şi o strălucire similară: două

planete noi. E drept, erau foarte mici în comparaţie cu celelalte planete şi de aceea meritau o clasificare nouă. în 1804, astronomul britanic William Herschel a propus termenul de „asteroid”. Două planete similare, de un tip nou, pe aceeaşi orbită — aici era nevoie de o explicaţie specială. Olbers a oferit una: poate că iniţial fusese o singură planetă care s-a separat în doi asteroizi. Ceea ce sugera posibilitatea existenţei a mai mult de doi asteroizi; poate că planeta iniţială se divizase în trei fragmente — sau chiar patru! Ori mai multe!
în scurt timp a devenit clar că existau mai mult de două fragmente. Astronomul german

Karl Ludwig Harding îşi câştiga existenţa ca tutore, dar era un împătimit astronom amator, obsedat de ideea descoperirii unei planete noi. Pe 1 septembrie 1804, perseverenţa lui a dat roade: a găsit un astru nou în regiunea în care Olbers prezisese că s-ar putea afla şi alte planete pe orbită. A fost cel de-al treilea asteroid, care a primit numele de Juno.
Olbers şi-a urmărit ipoteza cu entuziasm, concentrându-şi cercetările pe regiunea în care orbitele tuturor celor trei asteroizi se intersectau, acesta fiind probabil locul în care avusese loc fragmentarea. Pe 29 martie 1807, în aceeaşi regiune, Olbers a găsit un al patrulea asteroid (al doilea

descoperit de el), care a primit numele de Vesta. Dar aveau să apară şi alţi asteroizi.

Intuiţia lui Olbers a dat roade, însă, după cum s-a dovedit, se baza pe o idee credibilă, dar neadevărată. Un alt astronom german, Johann Huth, a sugerat în 1804 ceea ce a devenit principala teorie din epoca modernă privind originea asteroizilor:

Sper ca acest [asteroid] să nu fie ultimul pe care-l voi găsi între Marte şi Jupiter. Mi se pare foarte probabil ca aceste mici planete să fie la fel de vechi precum celelalte şi ca masa planetară din spaţiul care separă Marte de Jupiter să se fi coagulat în multe sfere mici, având aproape toate aceleaşi dimensiuni,

în acelaşi timp în care a avut loc separarea fluidului celest şi coagularea celorlalte planete. Ipoteza lui Huth era remarcabil de apropiată de ideile moderne. Asteroizii şi- au început viaţa în nebuloasa solară, ca fragmente solide mici care s-au lipit între ele când s-au ciocnit în mod întâmplător. Au crescut până la o anumită dimensiune, la care au devenit „planetesimale”, îndeajuns de masive pentru a se atrage reciproc şi pentru a atrage şi alte fragmente mici din apropiere, un proces numit „acreţie”. Dar gravitaţia lui Jupiter a avut o influenţă imensă asupra planetesimalelor aflate pe orbită în apropierea sa. Planeta uriaşă agita

materialul nebulos în aşa fel încât, dacă o planetesimală atrăgea material către sine, Jupiter dădea fluxului de particule un impuls, ceea ce însemna că materialul trecea pe lângă planetesimală, în loc să se ataşeze de ea prin acreţie. Ceres a fost cea mai mare dintre planetesimalele care au reuşit să crească în aceste circumstanţe. Fiind un asteroid de mari dimensiuni, Ceres are o forţă gravitaţională suficient de mare cât să-i confere o formă aproape sferică. La început, era ca o grămadă de pietriş — o aglomerare aleatorie de planetesimale individuale. Dar treptat materialul s-a aşezat şi s-a consolidat. Procesul prin care Ceres s-a

transformat într-o sferă a avut două etape. în prima etapă, când Ceres se ciocnea cu un meteorit, vibraţia disloca rocile cocoţate în vârfurile colinelor, iar acestea se rostogoleau pe pantă până se opreau în adâncitura de la poale, în felul acesta, treptat, dealurile mai mari au fost netezite. în a doua etapă, nucleul lui Ceres a fost suficient de mare ca să genereze o cantitate considerabilă de căldură în urma dezintegrării elementelor radioactive din interior. Căldura a fost menţinută în interior de straturile exterioare ale lui Ceres, care erau îndeajuns de groase cât să acţioneze ca nişte pături izolatoare. Temperatura lui Ceres a crescut şi a topit parţial rocile

dinăuntrul planetei. Materialele mai grele, cum ar fi mineralele cu conţinut ridicat de fier, s-au scufundat, în vreme ce materialele mai uşoare s-au ridicat la suprafaţă. Drept consecinţă, Ceres s-a transformat într-o sferă cu straturi având caracteristici minerale diferite: un nucleu alcătuit din roci bogate în minereuri metalice şi o manta îngheţată. Ceres este obiectul în care se transformă spontan o „grămadă de pietriş", dacă acea grămadă creşte îndeajuns de mult. Dacă Jupiter i-ar fi îngăduit lui Ceres să se dezvolte prin acumularea mai multor planetesimale, ar fi devenit o planetă telurică. Totuşi atracţia

gravitaţională puternică a lui Jupiter a agitat planetesimalele şi a inhibat acest proces. Ceres a încetat să mai „mănânce”, fiind înfometat de influenţa malignă a lui Jupiter. A reuşit să devină o planetă imatură, dar nu a putut parcurge ultimii paşi de creştere spre maturizare, pentru ca astfel să domine toate celelalte corpuri mai mici din apropierea orbitei sale. Deşi este un caz de dezvoltare întreruptă, Ceres a crescut suficient de mult pentru a deveni o aşa-numită „planetă pitică”. Aceasta este o planetă care, deşi s-a stabilizat într-o formă sferică, nu a atins statutul de planetă în toată puterea cuvântului pentru că nu a „înghiţit” tot ce-a găsit pe propria

orbită. La fel ca Peter Pan, Ceres nu s-a maturizat.
Numărul de asteroizi cunoscuţi în prezent este uriaş. S-ar putea să fie cam 2 milioane de asteroizi cu diametrul mai mare de 1 kilometru şi 25 de milioane de asteroizi cu diametrul de peste 100 de metri. Cam trei sferturi de milion sunt cunoscuţi şi catalogaţi. De ce sunt atât de mulţi asteroizi mici? Răspunsul este: „Pentru că de la bun început au existat foarte mulţi asteroizi mari”. Din cauza numărului mare de asteroizi înghesuiţi într-o zonă restrânsă a sistemului solar, ciocnirile erau inevitabile. Fragmentele rezultate în urma ciocnirilor dintre asteroizii

mari au devenit numeroşii asteroizi mici.
Prin urmare, asteroizii din zilele noastre sunt un amestec. Unii sunt planetesimale primitive, fragmente de material din nebuloasa solară originară care n-au mai crescut; le-am putea numi „planete născute moarte”. Unii, asemenea lui Ceres, sunt planete a căror dezvoltare s-a oprit la un moment dat. Alţii au fost comete care au vizitat şi revizitat Soarele atât de des, încât toată gheaţa pe care o conţineau s-a transformat în abur, care s-a împrăştiat în spaţiu, lăsând în urmă doar materialul stâncos: comete moarte. în fine, alţii, probabil majoritatea, sunt fragmente ale unor asteroizi mai mari care s-au

ciocnit şi s-au spart — veterani răniţi ai luptelor din trecut. Asteroizii mai mari au fost bine studiaţi de sondele spaţiale. Au fost mai multe astfel de survolări ale asteroizilor realizate de sonde aflate în drum spre alte destinaţii, dar prima navă dedicată unui asteroid a fost NEAR Shoemaker, lansată de NASA, care a intrat pe orbită în jurul lui Eros în anul 2000, de ziua Sfântului Valentin, asolizând pe suprafaţa acestuia în 2001. Sonda Hayabusa lansată de Agenţia Japoneză de Explorare Aerospaţială a studiat asteroidul Itokawa în 2005. O a doua sondă lansată de japonezi, Hayabusa 2, a explorat asteroidul Ryugu în 2018. Sonda Dawn, trimisă de NASA, s-a

rotit pe orbita asteroidului Vesta în 2011-2012, apoi şi-a continuat drumul spre Ceres în 2015. Sonda OSIRIS-Rex a fost lansată de NASA în 2016, iar în prezent vizitează asteroidul Bennu. Dacă totul merge bine, va reveni pe Pământ cu un eşantion din asteroid în 2023.
Deşi mic pentru o planetă, Ceres este de departe cel mai mare asteroid. Este un corp stâncos, acoperit de gheaţă, cu un diametru de circa 950 de kilometri, rotindu-se pe durata unei „zile” de 9 ore. Imaginile transmise de sonda spaţială Dawn arată o lume similară cu Luna. Are un mare număr de cratere provocate de impacturile meteoriţilor şi câteva puncte luminoase, dintre care

unele devin mai înceţoşate din când în când. înceţoşarea ocazională sugerează că Ceres este încă activ din punct de vedere geologic, emiţând gaze şi cenuşă sau praf.
Cea mai surprinzătoare descoperire făcută de sonda Dawn este faptul că o parte dintre punctele luminoase sunt depozite albe, sărate, alcătuite în principal din carbonat de sodiu, care şi-a croit drum spre suprafaţă într-o saramură mocirloasă ieşită din interiorul scoarţei sau de sub aceasta — urme ale unui ocean străvechi. Datele sugerează că sub suprafaţa lui Ceres s-ar putea să existe încă lichid şi că unele regiuni sunt alimentate dintr-un

rezervor adânc. în regiunea craterului Ernutet au fost găsite din abundenţă molecule organice. Moleculele organice sunt cele care conţin carbon. Ele sunt tipul de molecule create de viaţă, deşi nu este exclus ca ele să fi fost create în alt fel. Compuşii bogaţi în carbon sunt amestecaţi cu minerale produse de interacţiunea dintre roci şi apă, cum ar fi argilele. Aceste depozite au ieşit la suprafaţă din interiorul lui Ceres, fiind create cu mult timp în urmă în oceanul interior primitiv.
Asteroidul Vesta are un diametru de 530 de kilometri, fiind considerabil mai
mic decât Ceres. Are o formă mult mai puţin sferică decât acesta, iar gravitaţia de la suprafaţa sa nu

este suficient de puternică pentru ca Vesta să poată fi considerată o planetă pitică. Telescopul spaţial Hubble a reuşit să vadă că, la polul sud, Vesta are lipsă o bucată enormă — în locul ei, sunt două cratere gigantice suprapuse, lucru ce a fost confirmat după examinarea de la mică distanţă efectuată de sonda Dawn. Unul dintre cratere este relativ recent. Vesta este membrul cel mai mare şi cel mai luminos al unei familii de asteroizi mult mai mici, cu diametrul de aproximativ 10 kilometri, care au orbite identice. Pe baza aceluiaşi argument propus anterior de Olbers cu privire la Ceres şi Pallas (dar care s-a dovedit a nu fi exact în cazul lor),

se poate presupune că membrii familiei Vesta sunt înrudiţi, ei fiind rezultatul unui eveniment catastrofal care a dezintegrat un corp singular în mai multe fragmente. Există dovezi care susţin această ipoteză. Unele dintre fragmentele mici rezultate în urma acestei coliziuni cad din când în când pe Pământ ca meteoriţi dintr-o categorie denumită „meteoriţi HED”, aceştia fiind îndrudiţi cu Vesta deoarece compoziţia lor coincide cu compoziţia suprafeţei asteroidului, care a fost analizată de sonda spaţială Dawn. HED vine de la trei minerale meteoritice distinctive — howardit, eucrit şi diogenit — care se găsesc pe Vesta.

Se poate deduce în mod natural că meteoriţii HED şi asteroizii mai mici îşi au originea în ciocnirea dintre Vesta şi un meteorit de mari dimensiuni, care a împrăştiat în toate direcţiile fragmente din Vesta, excavând craterul gigantic de dată mai recentă.
Ceres a avut noroc. în ultimele 4 miliarde de ani, s-a ciocnit cu unii dintre vecinii săi mai mici, dar nu şi cu cei mari. Vesta a avut şi el noroc, dar într-o măsură mai mică. Deşi s-a ciocnit cu unii vecini mai mari, a supravieţuit. Alţi asteroizi au fost mai ghinionişti. Au suferit coliziuni atât de puternice, încât corpurile implicate în ciocniri s-au fragmentat complet. Fragmentele rezultante sunt mult prea mici ca

să se aranjeze într-o formă sferică. Au rămas ca nişte corpuri solide neregulate, colţuroase, care se rotesc pe orbite. Fragmentele sunt compuse din fier şi alte metale grele, dacă provin din nucleele asteroizilor implicaţi în ciocnire, sau din roci, dacă provin din mantalele exterioare.
Bucăţi din cele două tipuri de asteroizi fragmentaţi cad uneori pe pământ ca tipuri diferite de meteoriţi. Există două categorii principale: meteoriţi de fier şi meteoriţi stâncoşi. Meteoriţii de fier provin din nucleul unui asteroid spart. Au o densitate mare şi sunt surprinzător de grei pentru dimensiunea lor. Meteoriţii stâncoşi sunt cei mai răspândiţi şi au făcut parte cândva din mantaua

unui asteroid; seamănă destul de mult cu o piatră obişnuită. Meteoriţii din fier care au căzut pe Pământ de-a lungul mileniilor au o suprafaţă neagră şi sunt uşor de detectat, mai ales într-un deşert nisipos şi stâncos.
Meteoriţii sunt căutaţi de colecţionari. Când sunt tăiaţi şi lustruiţi pentru etalarea mineralelor din interior, adesea sunt foarte frumoşi. în plus, ei prezintă interes ştiinţific datorită diferitelor minerale din care sunt alcătuiţi. Există unele tipuri foarte rare, a căror deţinere dă satisfacţie proprietarului prin unicitatea lor. De asemenea, ei exercită şi o atracţie romantică. Este fascinant să ţii un meteorit în palmă şi să-ţi

imaginezi naşterea lui şi lunga sa călătorie prin sistemul solar. Ca urmare a atractivităţii meteoriţilor, există dealeri care îi caută pentru a-i revinde. Mai exact, aceştia pur şi simplu îi vânează, adunându-se în locurile în care s-a raportat căderea unui meteorit de mari dimensiuni, în speranţa că vor găsi fragmente desprinse din acesta. Cercetează zone mari din deşert, încercând să descopere meteoriţii care au fost văzuţi căzând. Această vânătoare de comori poate fi profitabilă: cei mai scumpi meteoriţi se vând pentru sume chiar mai mari de 500 000 de dolari.
Vânătorii de meteoriţi pot colecta meteoriţi de fier scanând câmpiile

deşertice, cum ar fi Nullabor din Australia sau Karro din Africa de Sud. Un astfel de vânător poate acoperi regiuni întinse zburând la joasă înălţime cu un deltaplan. Meteoriţii stâncoşi sunt mult mai greu de găsit în astfel de locuri, pentru că se contopesc cu mediul înconjurător. Totuşi ambele tipuri de meteoriţi sunt detectaţi cu uşurinţă în zăpadă, motiv pentru care Antarctica a devenit regiunea favorită a vânătorilor de meteoriţi. Proveniența unui meteorit adaugă o nouă dimensiune atractivităţii sale potenţiale pentru colecţionari — o ciocnire cosmică masivă, un miliard de ani de singurătate în spaţiu, o coborâre incendiară pe Pământ şi, poate, un mileniu

petrecut în cine ştie ce pustietate înzăpezită a planetei noastre. Când ţin în palmă un meteorit şi mă uit la el, îmi imaginez o viaţă care, raportată la scara cosmică a timpului, este la fel de scurtă ca aceea a unui licurici: pasageră, dar mai măreaţă şi mult mai spectaculoasă.

Ordin catolic înfiinţat în 1524. (N.r.

)Capitolul 9

Jupiter: inimă de piatră

* Clasificare ştiinţifică: gigant gazos.

* Distanţă faţă de Soare: 5,20 x distanţa Pământ-Soare = 778,6 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 11,9 ani.

* Diametru: 11,21 x diametrul

Pământului = 142 984 km.

* Perioadă de rotaţie: 9 ore 55 min.

* Temperatură medie la partea

superioară a norilor: -110 °C.

* Nemulţumire secretă: „Sunt conducătorul suprem al sistemului solar, dar nu-mi găsesc liniştea niciodată — furtuna aia mi-a provocat o durere de cap care nu mă slăbeşte de 450 de ani, iar

cometele alea enervante mă împung întruna”.
Jupiter a primit numele zeului suprem din mitologia romană, care în mitologia greacă poartă numele de Zeus. Este cea mai mare şi cea mai importantă planetă. Anticii care au făcut legătura dintre zeu şi planetă nu aveau de unde să-i cunoască dimensiunile şi trebuie să-i fi dedus statutul ghidându-se după strălucire (în perioada de strălucire maximă, Jupiter este întrecut în luminozitate doar de Venus) şi după mişcarea sa maiestuoasă.
Jupiter este mult mai mică decât Soarele, însă atracţia gravitaţională pe care o exercită

asupra lui este atât de puternică, încât Soarele nu este întru totul staţionar în mijlocul sistemului solar. De fapt, cele două corpuri se rotesc în jurul centrului lor de gravitaţie, un punct situat aproape de suprafaţa Soarelui. Dacă în galaxia noastră există civilizaţii extraterestre, astronomii acestora ar putea afla lucruri despre sistemul nostru planetar — sau cel puţin despre Jupiter — măsurând mişcarea oscilatorie a Soarelui, a cărei perioadă de 12 ani este legată de revoluţia orbitală a lui Jupiter.

Jupiter este acoperită de nori. întrucât este strălucitoare şi imaginea sa este mare, iar norii se modifică rapid pentru că vremea şi

climatul de pe Jupiter se schimbă de la o oră la alta şi de la un an la altul, poţi vedea destul de bine pătura de nori chiar şi printr-un telescop de dimensiuni modeste. O mulţime de astronomi amatori fac asta, observând trăsăturile mai vizibile ale planetei. La cealaltă extremă a vizibilităţii, în întregime ascunsă în centrul lui Jupiter, se află o substanţă exotică. Este ascunsă atât în sens propriu, cât şi în sens metaforic, situându-se la graniţa cunoştinţelor noastre ştiinţifice. Jupiter şi Saturn sunt singurele locuri din univers unde se ştie că ar exista această substanţă — sau, cel puţin, unde avem dovezi solide că ar exista. Câţiva oameni de ştiinţă, grupaţi

într-o mică fraternitate, continuă eforturile de a descoperi detalii despre această substanţă. Jupiter s-a născut şi trăieşte acum dincolo de „linia de zăpadă” a sistemului solar. Sistemul solar s-a constitut dintr-un nor alcătuit din gaz, gheaţă şi particule solide de praf, aflat într-o mişcare lentă de rotaţie. Soarele nou- născut a încălzit şi a transformat în gaz gheaţa din părţile cele mai apropiate ale norului. întrucât puterea sa calorică avea nişte limite, gheaţa a persistat în regiunile îndepărtate ale sistemului solar. „Regiuni îndepărtate” înseamnă regiunile de dincolo de linia de zăpadă.

Termenul „linie de zăpadă” este împrumutat din geografie, unde înseamnă linia de pe conturul unui munte deasupra căreia este în permanenţă atât de frig, încât zăpada nu se topeşte niciodată. În astronomie, înseamnă orbita dintr-un sistem planetar dincolo de care materialul îngheţat nu se topeşte sub influenţa stelei-mamă. În urmă cu 4,6 miliarde de ani, dincolo de această orbită din sistemul nostru solar, au luat naştere planetele-gigant — Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun — printr-un proces de atragere a bucăţilor de gheaţă nevaporizate de soare, dar şi a gazelor celor mai uşoare, hidrogenul şi heliul. Aceste gaze şi-au încheiat călătoria începută în

primele minute ale universului, în urmă cu 13,6 miliarde de ani, pe aceste planete — o călătorie care a durat 9 miliarde de ani.
Cele două „cele mai uşoare gaze” sunt, de departe, substanţele cele mai abundente din univers. Mai mult, de o parte şi de alta a liniei de zăpadă, în nebuloasa solară exista foarte mult material. Când acest material formează o planetă, ea devine masivă. Asta s-a întâmplat cu Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun. Descrierea ştiinţifică pentru aceste planete este de „gigant gazos”, un termen care vorbeşte de la sine.
Jupiter este compusă în principal din hidrogen şi heliu. Nu are o suprafaţă solidă, ceea ce face

neadecvată folosirea termenului de „planetă terestră”. Jupiter este uriaşă — are un diametru de peste 10 ori mai mare decât Pământul şi o masă de peste 300 de ori mai mare. Se roteşte foarte repede: o dată la fiecare 9 ore şi 56 minute — cea mai rapidă rotaţie dintre toate planetele. Din această cauză, Jupiter are un „pântec” pronunţat, ca un monarh desfrânat: planeta are o umflătură vizibilă la ecuator şi se aplatizează la poli. Raza sa ecuatorială este cu 4 600 de kilometri mai mare decât raza polară.

Dacă Jupiter ar fi fost doar cu 30% mai mare, ar fi fost o stea, chiar dacă una mai firavă, din categoria piticelor maro. O stea se defineşte

prin aceea că generează căldură în urma reacţiilor nucleare din interiorul său fierbinte şi dens. Dacă Jupiter ar fi o stea obişnuită, ar face acest lucru prin intermediul reacţiilor nucleare care ard hidrogenul. Dacă ar fi o pitică maro, ar arde heliu, însă, dat fiind că nu face nici una, nici alta, Jupiter nu este o stea.
Jupiter poate că guvernează sistemul solar al planetelor, dar puterea ei este limitată. Este un conducător, dar are soarta oricărei căpetenii războinice: în tot cuprinsul galaxiei există puteri mai mari.
Coborând spre interior din partea superioară a norilor, atmosfera compusă din hidrogen şi heliu a lui

Jupiter devine tot mai densă şi trece în stare lichidă. Chiar în centrul lui Jupiter există un nucleu dens, probabil stâncos, cu o masă de 10-50 de ori mai mare decât masa Pământului. Există o zonă progresiv mai densă de hidrogen, heliu şi alte gaze, probabil în amestec cu roci şi gheaţă într-un fel de combinaţie mocirloasă, care devine tot mai groasă spre centrul lui Jupiter.
în partea superioară a atmosferei lui Jupiter se găsesc nori multicolori, dispuşi alternativ în zone cu nuanţe luminoase şi întunecate, distribuite de-a lungul liniilor de latitudine. Benzile sunt compuse din gaze atmosferice care se înalţă şi se prăbuşesc neîncetat.

Norii sunt coloraţi în nuanţe de roşu şi galben de picături şi particule de substanţe chimice stranii, a căror origine este controversată. în general, se pare că norii mai luminoşi sunt situaţi mai sus decât cei întunecaţi, aşa încât culorile trebuie să provină din interiorul lui Jupiter. Culoarea apare ca şi cum sângele ar da năvală şi ar înroşi pielea de pe faţa lui Jupiter, în loc să fie creată de acţiunea chimică a luminii solare asupra păturii de nori, ca şi cum Jupiter s-ar bronza. în 1994, un accident cosmic a scos la iveală o parte din aceste substanţe chimice. Cometa Shoemaker-Levy 9 a trecut prea aproape de Jupiter şi s-a

dezintegrat în peste 20 de fragmente. Fragmentele au trecut în viteză pe lângă Jupiter, dar au fost atrase înapoi şi, după doi ani, au plonjat pe rând în atmosfera jupiteriană. Fiecare fragment a pătruns atât de rapid în atmosferă, încât în locul lor s-a format temporar un tub gol. Gazele situate mai jos au urcat prin aceste tuburi şi au ţâşnit ca apa dintr-o fântână arteziană. Gazele pulverizate astfel au zburat într-un arc de cerc peste părţile superioare ale norilor. Din straturile de nori de mai jos au fost scoase la suprafaţă substanţe chimice închise la culoare, cum ar fi sulful, sulfura de carbon, amoniacul şi hidrogenul sulfurat. Petele întunecate închise de pe

norii de culoare mai deschisă au persistat timp de câteva luni. Hidrogenul sulfurat este cunoscut pentru mirosul său de ouă stricate, fiind o materie primă bună pentru petardele puturoase. Celelalte substanţe — combinaţii de sulf, azot şi hidrogen — au şi ele un miros puternic. Cu alte cuvinte, Jupiter pute.

Cea mai mare formaţiune de pe stratul de nori al lui Jupiter se numeşte Marea Pată Roşie. Are o formă eliptică, măsurând între 24 000 şi 40 000 de kilometri de la est la vest şi între 12 000 şi 14 000 de kilometri de la nord la sud. Pământul s-ar putea cuibări confortabil în această formă eliptică. Este o furtună gigantică,

înălțându-se cu mult peste norii din jur, un anticiclón de presiune ridicată. în 1665, Giovanni Cassini a fost primul care a observat această „pată permanentă”, care a fost urmărită de astronomi până în 1713.
Apoi, timp de peste un secol, mai exact până în 1830, nu s-a mai consemnat nicio observare a acestei pete şi nu se ştie dacă a dispărut sau a rămas acolo, poate mai puţin luminoasă, astfel că nimeni n-a mai văzut-o. Oricare ar fi adevărul legat de această lacună din istoria sa, Marea Pată Roşie — această furtună gigantică — e acolo de 350 de ani.
Conform mitologiei clasice, zeul Jupiter arunca fulgere asupra celor

care nu-i făceau pe plac. Planeta generează şi ea fulgere, după cum au descoperit sondele spaţiale Voyager 1 şi Voyager 2 în 1979, când au trecut prin apropierea lui Jupiter. Privind înapoi la partea întunecată a lui Jupiter, acestea au văzut furtuni puternice cu fulgere care iluminau norii. în 1997, sonda spaţială Galileo a confirmat această descoperire. Ca şi pe Pământ, fulgerele sunt create de norii care se freacă între ei în stratul cu vapori de apă al atmosferei jupiteriene, cam la 100 de kilometri sub partea superioară a norilor.

Jupiter are un câmp magnetic puternic, acesta fiind, la partea superioară a norilor, de 14 ori mai

puternic decât cel terestru. Ca şi în cazul Pământului, mişcările circulare din interiorul gigantului gazos sunt cele care generează câmpul magnetic. Totuşi Jupiter nu este alcătuit din fier, ci în principal din hidrogen, deci cum e posibil? Structura internă a lui Jupiter este învăluită în incertitudine, dar teoria cea mai acceptată în acest moment spune că interiorul planetei, începând de la o adâncime de 20 000 de kilometri până la nucleul stâncos este compus din „hidrogen metalic”. Această formă exotică de hidrogen a fost prezisă teoretic în 1935 de fizicianul american Eugene Wigner, ulterior laureat al premiului Nobel, şi Hillard Bell Huntington, pe

atunci student. El se formează când hidrogenul în formă gazoasă este comprimat la presiuni extrem de mari. Moleculele de gaz sunt forţate să se aranjeze într-o reţea cvasicristalină, care acţionează ca un metal şi conduce electricitatea, aşa cum o fac fierul şi cuprul. Obţinerea hidrogenului metalic în condiţii de laborator pentru a putea fi studiat experimental este considerată unul dintre obiectivele extrem de ambiţioase ale fizicii. Au fost câteva anunţuri potrivit cărora s-a reuşit să se obţină mici eşantioane, dar nu toată lumea a fost convinsă că acele afirmaţii au fost dovedite. Presiunea necesară este atât de mare, încât este extrem de greu de obţinut pe

Pământ. Deocamdată, hidrogenul metalic rămâne o substanţă care poate fi studiată doar în teorie. Giganţii gazoşi Jupiter şi Saturn sunt singurele locuri cunoscute din univers în care oamenii de ştiinţă pot sonda indirect — deci tot teoretic — secretele legate de proprietăţile hidrogenului metalic. Nu este o situaţie ideală când subiectul unui studiu ştiinţific este inaccesibil, ascuns la o adâncime de 70 000 de kilometri într-o planetă aflată la 600 de milioane de kilometri distanţă. Dar universul oferă laboratoare cu condiţii extreme, imposibil de reprodus pe Pământ, adesea la graniţa imaginaţiei noastre, creând situaţii exotice pe care oamenii de ştiinţă

le pot folosi pentru a sonda nişte lucruri care, altfel, ar fi de neatins. în acest caz, condiţia esenţială este presiunea ridicată. Iar 70 000 de kilometri din grosimea unei planete trebuie să fie susţinuţi de o presiune internă ridicată — cam de un milion de ori mai mare decât presiunea atmosferică terestră! Câmpul magnetic generat în hidrogenul metalic formează „magnetosfera” lui Jupiter. Aceasta acţionează ca o sticlă, respingând particulele electrice provenite de la Soare şi păstrând în interior particulele care provin din planetă. Particulele zboară de colo-colo, ricoşând de pereţii sticlei magnetosferice, şi generează unde radio — Jupiter a fost unul dintre

primele obiecte celeste identificate ca sursă radio de pionierii radioastronomiei în 1955. în plus, Jupiter etalează o panoplie de aurore, cauzate de particulele electrice ce se deplasează de-a lungul liniilor câmpului magnetic şi se prăbuşesc în atmosfera din apropierea polilor. Particulele solare nu pot trece dincolo de această sticlă magnetosferică, adică nu pot penetra puternicul câmp magnetic ce înconjoară planeta, aproape de suprafaţa ei. Totuşi câmpul magnetic se extinde în spaţiu — mai exact, se curbează în jurul polilor. în aceste regiuni polare există trasee de-a lungul cărora particulele electrice se pot prăbuşi în atmosferă, urmând

liniile câmpului magnetic polar. Ca şi pe Pământ, particulele solare sunt ghidate către impactul cu atmosfera într-o formă circulară denumită „oval auroral”, zona celei mai intense activităţi aur or ale. Ovalul auroral al Pământului are o dimensiune variabilă, dar are o rază de circa 10-20 de grade de latitudine, aproximativ 2 000 de kilometri. El este centrat pe polul magnetic. La nord, polul magnetic se află în prezent deasupra Oceanului Arctic, în largul insulei Ellesmere din nordul Canadei. Ovalul auroral propriu-zis acoperă de obicei nordul Norvegiei, extremitatea sudică a Groenlandei, merge de-a lungul graniţei dintre Canada şi SUA, trece prin Alaska şi

de-a lungul coastei arctice a Rusiei. Dacă te gândeşti să faci o călătorie pentru a vedea aurora, acestea sunt de obicei locurile cele mai bune. (Pe internet, poţi apela la aşa-numitele servicii meteo spaţiale, care încearcă să ajute turismul auroral prin prognoze privind formarea aurorelor şi prin indicarea celor mai bune locuri de observare, pentru a-ţi putea alege cu precizie destinaţia.) Măsurat în grade de latitudine, ovalul auroral al lui Jupiter are aceeaşi dimensiune ca al nostru, dar măsurat în kilometri este de zece ori mai mare, aşa încât ovalul jupiterian este imens, cam cât întreg Pământul.

O caracteristică unică a ovalului auroral al lui Jupiter este faptul că are trăsături determinate de cei patru sateliţi mari ai săi: Io, Europa, Ganymede şi Callisto. în timpul mişcării lor pe orbite, sateliţii interacţionează cu câmpul magnetic. Fiecare satelit este înconjurat de un fel de atmosferă, alcătuită din material ejectat în spaţiu, cum ar fi emisiile vulcanice ale lui Io. în acest fel, fiecare satelit trimite particule încărcate electric în magnetosfera lui Jupiter. Particulele călătoresc spre câmpul magnetic, se lovesc de părţile superioare ale norilor lui Jupiter şi creează pete aurorale în locurile de impact. Aceste pete se rotesc în jurul polului, ca nişte urme de paşi

ai sateliţilor care se rotesc pe orbită.
Io este principala sursă de material care alimentează magnetosfera lui Jupiter. Emisiile radio ale lui Jupiter se produc în rafale, în funcţie de cât de frecvente sunt emisiile de material ale lui Io. Dar intensitatea undelor radio depinde şi de poziţia lui Io în jurul lui Jupiter. Schimbările de poziţie cauzează schimbări corespunzătoare ale intensităţii emisiei radio, care, prin urmare, variază cu o perioadă identică cu perioada de rotaţie a lui Io.
Dintre cei patru sateliţi naturali, Io are amprenta cea mai luminoasă în ovalul auroral al lui Jupiter. Şi ceilalţi trei sateliţi au astfel de

amprente, dar sunt mai slabe. Calisto este satelitul cel mai depărtat şi are amprenta auroralăcea mai slabă, poziţia ei coincizând în mod derutant cu părţile mai luminoase ale ovalului. Nu e uşor de văzut şi a fost identificată în 2018 numai după o examinare intensivă a arhivei de imagini captate de telescopul spaţial Hubble.

De pe Pământ, polii lui Jupiter sunt greu de văzut şi, cu toate că Hubble se află în spaţiu, este înscris pe o orbită situată nu foarte departe de suprafaţa terestră, aşa încât poziţia de vizualizare a ovalului jupiterian nu este cea mai bună. Sonda spaţială Juno, care a intrat pe orbită în jurul lui Jupiter

în 2017, are la bord un instrument conceput anume să studieze aurora jupiteriană. Acesta a văzut că amprenta aurorală a lui Ganymede este dublă: două pete separate de 100 de kilometri. Dintre cei patru sateliţi naturali, Ganymede este singurul cu câmp magnetic propriu, iar structura dublă a amprentei are legătură cu forma magnetosferei sale.
Jupiter serveşte ca termen de comparaţie şi de contrast pentru planete similare descoperite în alte sisteme planetare. Sunt cunoscute circa o mie de planete la fel de mari ca Jupiter. Circa jumătate dintre acestea se află cam la aceleaşi distanţe ca şi Jupiter faţă de stelele-mamă, iar celelalte sunt

„jupiteri fierbinţi”, fiind mult mai apropiate de stelele lor şi deci mult mai calde. Din cauza temperaturii lor ridicate, acestea se evaporă. Nu este posibil să se fi format acolo unde se află acum, ci dincolo de linia de zăpadă. Cumva, au migrat spre interior, părăsind frigul şi, aparent, căutând căldura. Astfel, jupiterii extrasolari servesc ca modele pentru Jupiter din sistemul nostru şi ne oferă indicii privind unele secrete ale vieţii sale din perioada de început.

în sistemele planetare timpurii există două interacţiuni care se poate să fi fost responsabile pentru mutarea jupiterilor şi încălzirea lor. Prima ar fi interacţiunea dintre o astfel de planetă de tip Jupiter şi

discul de gaz şi praf rămas în urma formării planetelor. Pe măsură ce planeta creşte, poate deschide o gaură în disc sau poate crea concentrări de materie în interiorul acestuia. Orice asimetrie creată în acest fel scoate planeta de pe traiectoria ei şi o poate face să migreze. în unele cazuri, aceşti jupiteri fierbinţi migrează pe o traiectorie lungă spre interior şi se apropie de soarele lor cam la aceeaşi distanţă la care ne aflăm noi faţă de Soare, sau chiar mai aproape. în sistemul nostru solar, Jupiter a început să facă acelaşi lucru, dar călătoria sa a luat sfârşit devreme.
A doua interacţiune care determină planetele să migreze are loc mai

târziu, după ce aceşti jupiteri s-au format complet, fiind înconjuraţi de un mare număr de planetesimale. Planetesimalele se mişcă pretutindeni printre planetele-gigant. Este posibil ca o planetă jupiteriană să se fi apropiat de unele dintre ele şi să le fi ejectat din sistemul planetar. Când sunt ejectate, planetesimalele îi imprimă jupiterului un impuls de sens contrar, astfel că planeta migrează treptat spre interior, către soarele său. Potrivit Modelului de la Nisa (Capitolul 2), acest lucru s-a întâmplat în sistemul nostru solar atât cu Jupiter, cât şi cu Saturn.

Jupiter este conducătorul planetelor, dar nu deţine putere totală asupra propriului destin. După Soare, Jupiter exercită cea mai mare influenţă asupra dinamicii sistemului solar, dar, la rândul său, sistemul solar

reacţionează,
influenţând-o pe
Jupiter. într-o curte
regală, monarhul
are mai multă
putere decât oricare
alt membru, dar,
exceptând cazurile
despoţilor absoluţi,
monarhul se supune
forţelor care iau
naştere din acţiunile

curtenilor. Planetele au personalităţi şi vieţi individuale, dar împreună ele alcătuiesc un sistem planetar care acţionează asemenea unei comunităţi, în care unii membri, ca Jupiter, au o

influenţă mai mare decât alţii

.Capitolul 10

Sateliţii galileeni: fraţi de foc, apă, gheaţă şi piatră

* Clasificare ştiinţifică: patru sateliţi principali ai lui Jupiter.
* Distanţă faţă de Jupiter: între 1,09 şi 4,9 x distanţa dintre Pământ şi Lună = între 422 000 km şi 1 880 000 km.

* Perioade orbitale: 1,77-16,7 zile.

* Diametre: 0,286-0,378 x

diametrul Pământului = 3 650-4

820 km.

* Perioade de rotaţie: sincrone.

* Temperaturi medii: -155 °C.

* Nemulţumire secretă: „Planetele se bucură de mai multă atenţie decât noi, sateliţii, dar şi noi avem tot atâta varietate şi suntem mai ospitalieri decât majoritatea planetelor”.

Chiar şi numai cu un binoclu poţi să vezi cei patru sateliţi principali ai lui Jupiter. Aceştia nu sunt planete, pentru că nu se rotesc în jurul Soarelui, ci în jurul unei

planete, dar cu siguranţă au caracteristici de planetă. Au diametre cuprinse între circa 3 000 şi 5 000 de kilometri, cel mai mic fiind puţin mai mic decât Luna, cel mai mare fiind puţin mai mare decât Mercur, şi toţi sunt similari planetelor terestre.
Trei surori şi un frate alcătuiesc o trupă pestriţă. Ca rude, sateliţii au un aer de familie, dar toţi sunt diferiţi. împreună cu Jupiter, alcătuiesc un sistem planetar miniatural şi, se presupune, s-au format în acelaşi timp cu Jupiter, într-o manieră similară cu cea în care s-a format sistemul nostru solar. Din punct de vedere structural, sateliţii sunt corpuri stâncoase, dar, din cauza poziţiei

lor îndepărtate în sistemul solar, cu o singură excepţie, au păstrat gheţurile originare pe care le-au acumulat din nebuloasa solară. Apa şi gheaţa au jucat un rol considerabil în vieţile lor, chiar dacă unul dintre ei duce acum 0 viaţă aridă punctată de erupţii incendiare.

Pământul se află în acelaşi plan orbital în care cei patru sateliţi se rotesc în jurul lui Jupiter, aşa încât ni se pare că sunt aliniaţi într-un şir, trecând dintr-o parte în alta a planetei, traversând uneori faţa lui Jupiter şi aruncând o umbră pe partea superioară a norilor, alteori ascunzându-se, fie în spatele gigantului gazos, fie în umbra acestuia. Perioadele lor de rotaţie

se situează cam între o zi şi două săptămâni, aşa încât îşi schimbă poziţiile sub ochii noştri, de la o noapte la alta sau chiar de la o oră la alta în timpul nopţii. Când intră în umbra lui Jupiter şi sunt eclipsaţi, lumina lor se stinge în câteva minute, slăbind progresiv până devin de nevăzut.

Văzuţi de pe Pământ, sateliţii sunt nişte puncte de lumină. Dar le cunoaştem structura în urma vizitelor efectuate de patru sonde spaţiale. Sondele Voyager 1 şi Voyager 2 au trecut pe lângă Jupiter în 1979. Galileo a fost prima navă spaţială care a intrat pe orbită în jurul lui Jupiter în 1995 şi a reuşit să efectueze observaţii extinse timp de opt ani. A doua

sondă, Juno, s-a înscris pe orbită în jurul lui Jupiter în 2016. Aceste sonde spaţiale au dezvăluit că peisajul sateliţilor jupiterieni este, într-un caz, un deşert vulcanic, iar în celelalte, un continent antarctic de roci, aisberguri şi oceane foarte reci.

Cei patru sunt numiţi sateliţi galileeni deoarece au fost descoperiţi de Galileo în primele două săptămâni ale lui 1610, cu noul lui telescop. în prima noapte, el a văzut doar trei stele, două într-o parte a lui Jupiter şi una în cealaltă parte, în a treia noapte, a văzut din nou trei, dar acum erau toate în aceeaşi parte a lui Jupiter. A crezut la început că erau un şir întâmplător de trei stele şi că

schimbarea se datora mişcării lui Jupiter printre ele. După încă două nopţi, erau numai două, iar apoi, după alte câteva nopţi, erau patru. Iniţial, Galileo a crezut că cele patru se mişcau înainte şi înapoi în linie dreaptă. Cum de reuşeau să treacă prin corpul lui Jupiter? Dar dintr-odată a înţeles că cele patru „stele” erau sateliţi pe orbite în jurul lui Jupiter. A fost o descoperire spectaculoasă pentru că demonstra inexactitatea teoriei potrivit căreia toate corpurile cereşti se rotesc în jurul Soarelui. De fapt, felul în care sateliţii se roteau în jurul lui Jupiter era un model pentru felul în care planetele se roteau în jurul

Soarelui, potrivit teoriei formulate de Copernic în 1543.
Galileo se referea la ei simplu, numindu-i I, II, III şi IV, dar i-a botezat ca grup, numindu-i „aştri mediceeni”, sperând că poate Cosimo al II-lea de' Medici, Marele Duce de Toscana din secolul al XVII-lea, îi va deveni patron. Planul lui a dat roade: Cosimo l-a numit pe Galileo drept filosoful şi matematicianul său şi i-a oferit o stipendie. Dar denumirea colectivă dată de Galileo sateliţilor a fost respinsă de ceilalţi astronomi, care nu priveau cu ochi buni numirea stelelor după patronul cuiva. Aşa că ei au devenit cunoscuţi drept Io, Europa, Ganymede şi Callisto, toţi

fiind în mitologie iubiţi (de ambele sexe) ai lui Jupiter.
Cel mai apropiat de planetă este Io. întreaga suprafaţă a lui Io este acoperită cu roci negre în amestec cu sulf — galben, oranj şi roşu în diferitele sale forme —, ca o pictură medievală a iadului. Aproape că nu are cratere de meteoriţi, ceea ce arată că suprafaţa este tânără, iar procesele geologice au şters craterele care se formaseră înainte. Totuşi suprafaţa lui Io este ciupită, ca o faţă umană atacată de acnee. în cea mai mare parte, adânciturile nu sunt cratere de meteoriţi. Sunt fie caldeire situate între munţi mai înalţi decât orice munte de pe Pământ, fie scurgeri de lavă, unele dintre ele

reci şi solide, altele, fierbinţi şi fluide. Este un peisaj vulcanic. îmi imaginez că seamănă cu peisajele vulcanice din La Palma (una dintre Insulele Canare) sau din Hawaii, la ale căror observatoare astronomice am lucrat câţiva ani. Solul este alcătuit din movile solidificate de lavă neagră şi netedă şi din roci neregulate răzleţe. Acolo unde terenul a fost secţionat de explozia unui vulcan care a excavat un crater, se văd mormane de cenuşă galbenă şi oranj, iar în regiunile încă active se văd emisii de aburi şi gaz sulfuros, precum şi lavă incandescentă care supurează din subsol.
Fiind cel mai apropiat satelit de planeta-mamă, Io este supus în

mod constant unui proces de contracţie şi destindere datorat puternicelor forţe mareice exercitate de Jupiter. Căldura generată de acest proces a topit rocile dinăuntrul lui Io şi a creat cam patru sute de vulcani, unii fiind atât de activi, încât aruncă lava la o înălţime de 400 de kilometri.
Vulcanii de pe Io au fost descoperiţi de Linda Morabito, inginerul de navigaţie al sondei spaţiale Voyager 1. Cât timp sonda traversa sistemul de sateliţi ai lui Jupiter, sarcina lui Morabito era să identifice stele în imaginile obţinute de camera de navigaţie, să determine poziţia sondei spaţiale şi să-i corecteze traiectoria

în timp real, astfel încât să nu se ciocnească de ceva. Mai târziu, imaginile aveau să fie analizate pentru reconstituirea traiectoriei cu mai multă precizie, ca o bază pentru asamblarea imaginilor care înfăţişau suprafeţele planetare. Pe măsură ce survolarea se apropia de final şi sonda spaţială se îndepărta de Jupiter şi de sateliţii săi, în spatele lor se vedea o anumită stea care juca un rol esenţial în exactitatea procesului de navigaţie. Steaua era întunecată şi Morabito a trebuit să-i proceseze imaginile, mărindu- le şi crescându-le contrastul ca să le poată descifra. Ea a observat ceva care iniţial, pe imaginea neprocesată, nu se vedea. Era un fel de nor, foarte

mare, la mică distanţă de scoarţa lui Io. „Norul” era poziţionat deasupra unei forme de relief în formă de inimă de pe Io.
Ceea ce a descoperit Morabito era un nor de cenuşă de la un vulcan care acum poartă numele de Pele (zeiţa hawaiiană a vulcanilor), iar structura în formă de inimă era vulcanul însuşi, cu fragmente de magmă ejectate şi cu scurgeri de lavă. „Am avut sentimentul că văd ceva ce nimeni altcineva nu mai văzuse până atunci”, a declarat ea.
Mai târziu, la cină, ea a avut satisfacţia de a-i anunţa pe părinţii ei că descoperise prima activitate vulcanică extraterestră pe care o văzuse vreodată cineva.

Io este doar cu puţin mai mare decât Luna noastră. Are o formă uşor elipsoidală (forma unei mingi de rugby); forţele mareice ale lui Jupiter l-au blocat pe axa lungă, care a rămas îndreptată spre planeta mamă, aşa încât Io priveşte spre Jupiter tot timpul cu aceeaşi faţă.
Suprafaţa sa stâncoasă este aproape complet lipsită de gheaţă (căldura vulcanică a evaporat probabil toată apa) şi este acoperită cu o peliculă de sulf — deci are culorile diferitelor forme ale sulfului. Materialul ejectat de vulcani formează o atmosferă rarefiată şi pătrunde în magnetosfera lui Jupiter. Vulcanii generează scurgeri de lavă lungi

de sute de kilometri şi cu volume de sute de ori mai mari decât recentele scurgeri ale vulcanilor tereştri, împingând depunerile mai vechi prin canale adânci. Activitatea vulcanică extinsă a dus la crearea unui număr de 150 de munţi pe Io, cel mai înalt depăşind Everestül în înălţime. Viaţa lui Io este caracterizată de stres. Deşi prizonier al puternicului câmp gravitaţional jupiterian, corpul lui nu cunoaşte nicio clipă de odihnă. Este tot timpul cuprins de accese de furie, mai mereu febril, sângerează întruna şi se tot răsuceşte, contorsionându-se ca oamenii din picturile coşmareşti ale lui Hieronymus Bosch.

După mărime, Europa este al doilea satelit galilean al lui Jupiter. Spre deosebire de înflăcăratul Io, Europa este acoperit de gheaţă, fiind neted şi complet sferic precum o bilă de biliard. Aproape că nu are forme de relief. Doar nişte urme pe jumătate îngropate ale câtorva cratere meteoritice recente rup monotonia unui peisaj alb şi plat.
Gheaţa este spartă în sloiuri, printre crăpături ţâşnind apa mineralizată, care se revarsă la suprafaţă, creând adevărate reţele de vinişoare roşii, ca nişte pânze de păianjen. Petele roşii sunt depunerile lăsate de apa evaporată.

Europa arată ca un astru în stază, dar sub suprafaţa de gheaţă există activitate. Stratul de gheaţă este gros de un kilometru, plutind pe un ocean de apă sărată adânc cam de 5 kilometri. Apa este încălzită de jos de energia geotermală. Când sloiurile se ciocnesc, formează dealuri de gheaţă pe suprafaţă, dar acestea nu depăşesc două sute de metri înălţime. Peisajul de aici este similar cu gheaţa marină arctică din preajma coastelor siberiene sau ale celor din nordul Canadei. Potrivit calculelor, pe Europa există mai multă apă decât pe Pământ. într-o viitoare misiune spaţială, un lander ar putea coborî pe suprafaţa satelitului şi ar putea încerca să penetreze stratul de gheaţă, poate

folosind o sondă radioactivă pentru a topi gheaţa în jurul ei, ca să-şi poată croi drum în jos. Pentru sondă, ar fi o misiune sinucigaşă, căci apa ar reîngheţa rapid deasupra ei, blocându-i ieşirea la suprafaţă. Dar ce ar putea găsi acolo? Apele liniştite ale Europei sunt adânci şi este tentant să ne imaginăm că, în momentul în care ar străpunge stratul de gheaţă, sonda ar putea să prindă în reflectoarele sale creaturi oceanice extraterestre, fotografiindu-le în timp ce înoată pe sub labirintul de sloiuri.

Ganymede este cel mai mare dintre sateliţii galileeni, fiind şi cel mai mare satelit din sistemul solar. Este mai mare decât Mercur, deşi

are o masă de două ori mai mică. Callisto este aproape la fel de mare, al treilea satelit din sistemul solar în privinţa mărimii, comparabil ca dimensiuni cu Mercur, dar are doar o treime din masa acestei planete. Asta înseamnă că ambii sateliţi au o densitate mult mai mică decât planetele alcătuite din rocă şi fier. Deci în componenţa celor doi sateliţi există ceva mult mai uşor — iar acel ceva este apa.

Atât Ganymede, cât şi Callisto au suprafeţe stâncoase, pline de cratere, la fel ca Luna şi Mercur. Seamănă ca aspect cu Luna, îndeosebi Ganymede, care are două tipuri de suprafaţă. O treime din suprafaţă este închisă la

culoare şi e presărată cu o mulţime de cratere, deci e foarte veche. Restul de două treimi are o culoare mai deschisă şi nu prezintă multe cratere, deci e o suprafaţă mai tânără; ciudăţenia ei constă în faptul că este plină de şanţuri şi creste.
Relieful mai deschis la culoare de pe Ganymede seamănă cu mările (maria) de pe Lună, fiind cauzat de ieşirea la suprafaţă a materialului topit din interior, care a inundat regiunile mai joase ale suprafeţei. Diferenţa este că, în cazul lui Ganymede, materialul topit nu a fost lavă, ci apă topită de impactul cu un asteroid. Callisto este similar, suprafaţa lui având

numeroase zone ondulate — valuri înghețate de frigul intens. Ganymede are un nucleu din fier care produce un câmp magnetic slab, însă Callisto nu are așa ceva. Marele lor secret constă în faptul că mai multe argumente sugerează că ambii sateliți ar avea, sub suprafața stâncoasă, un ocean lichid de apă sărată.
Oceanul ascuns în Ganymede are probabil o adâncime de 1 000 de kilometri și, asemenea oceanului de pe Europa, conține tot atâta apă cât oceanele terestre, dacă nu chiar mai multă. Oceanul de pe Callisto are o adâncime de doar câteva sute de kilometri. Ca și oceanele Europei, aceste oceane

(dacă există cu adevărat) ar putea adăposti forme de viaţă.

S-ar putea să avem mai multe şanse de a găsi viaţă pe sateliţii galileeni decât pe Marte

.Capitolul 11

Saturn: stăpânul inelelor

* Clasificare ştiinţifică: gigant gazos.
* Distanţă faţă de Soare: 9,54 x distanţa Pământ-Soare = 1 433,5 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 29,5 ani.

* Diametru: 9,45 x diametrul

Pământului = 120 536 km.

* Perioadă de rotaţie: 10,2 ore.

* Temperatură medie la partea de

sus a norilor: -140 °C.

* Scuză secretă: „Eu şi satelitul acela am avut o relaţie foarte apropiată, dar s- a destrămat. Măcar m-am ales cu un inel de pe urma lui”.

Planeta Saturn a fost botezată de antici după zeul roman al timpului, care în mitologia greacă este titanul Cronos. Numele acestuia ne-a dat cuvinte cum ar fi „cronometru”.

Se poate presupune că asocierea unei planete cu zeul timpului are legătură cu faptul că Saturn, cea mai îndepărtată planetă cunoscută în Antichitate, era cea mai lentă în mişcarea ei pe cer.
Planeta a avut o serie de secrete, descoperite pe rând într-o perioadă de 400 de ani şi legate de cea mai cunoscută dintre caracteristicile sale, inelele. Dar chiar şi în prezent rămâne de dezlegat un mare secret, anume care a fost acel eveniment palpitant din viaţa lui Saturn care l-a decorat cu splendidele lui bijuterii.
Inelele lui Saturn nu sunt întru totul unice în sistemul solar: există inele în jurul tuturor giganţilor gazoşi — Jupiter, Saturn, Uranus şi

Neptun. Mai mult, se pare că există inele şi în jurul a trei planete minore — Chariklo, Chiron şi Haumea. Aceste inele au fost descoperite în ultimii cincizeci de ani, cu ajutorul unor indicii subtile; ele sunt ca nişte fire subţiri, greu de văzut, poate mici corpuri care au fost descompuse şi acum se rotesc pe orbite în jurul corpului originar. în schimb, inelele lui Saturn sunt de departe cele mai proeminente dintre sistemele de inele din sistemul solar şi cu certitudine cel mai complex şi mai frumos dintre acestea. Aspectul spectaculos al inelelor poate fi interpretat ca o declaraţie ostentativă a importanţei lor.

Inelele lui Saturn sunt cunoscute din secolul al XVII-lea, când Galileo şi-a îndreptat telescopul asupra planetei, deşi forma lor i-a rămas necunoscută acestuia până la moartea sa. Ceea ce a văzut în deceniul în care a observat aceste inele l-a derutat, pentru că telescoapele sale nu erau suficient de puternice pentru a le dezvălui forma adevărată.
La început, în 1610, a descris ceea ce văzuse cu termenul de ansae („mânere”), ca şi cum Saturn ar fi fost o cană cu două mânere diametral opuse. Având în minte descoperirea sateliţilor lui Jupiter, el a interpretat aceste extensii ale lui Saturn ca fiind sateliţi mari, apropiaţi: „Am observat că cea mai

înaltă planetă [adică cea mai depărtată planetă cunoscută de el, Saturn] are un corp triplu. Spre marea mea uimire, am văzut că Saturn nu era un singur astru, ci un grup de trei corpuri care aproape că se ating între ele”. Doi ani mai târziu, el şi-a exprimat uimirea că sateliţii au dispărut. „Nu ştiu ce pot să spun despre un caz atât de surprinzător, atât de neaşteptat şi atât de nou.” Făcând aluzie la oribilul episod mitologic în care Cronos îşi omoară şi îşi devorează copiii (să ne gândim la terifianta pictură a lui Goya în care Cronos, cu minţile rătăcite, îşi mănâncă unul dintre fii), Galileo a întrebat retoric: „Oare Saturn şi-a înghiţit copiii?”

în 1616, el a văzut o formă mai complexă: „Cei doi companioni nu mai sunt două mici globuri perfect rotunde... ci sunt mult mai mari şi nu mai sunt rotunde... sunt două semielipse cu două mici triunghiuri întunecate în mijloc, lipite de globul central al lui Saturn, care este întotdeauna perfect rotund”. Misterul aspectului schimbător al lui Saturn a fost rezolvat în 1656 de astronomul olandez Christiaan Huygens. „Mânerele” erau, de fapt, felul în care se vedea de pe Pământ un disc plat şi înclinat, centrat pe planetă. La fel ca Galileo când a descoperit fazele lui Venus, Huygens şi-a publicat descoperirea sub forma unei anagrame, una pentru care n-a depus cine ştie ce

efort: aaaaaaa ccccc d eeeee h iiiiiii 1111 mm nnnnnnnnn oooo pp q rr s ttttt uuuuu. Mai târziu, a decodat-o astfel: Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato, care se traduce prin „[Saturn] este înconjurat de un inel subţire şi plat, care nu atinge în niciun punct planeta şi este înclinat în raport cu ecliptica”.
înclinaţia inelelor faţă de orbita lui Saturn şi de orbita Pământului este de 27 de grade, acesta fiind motivul pentru care aspectul lor este schimbător. Când Pământul se află în planul inelelor, acestea sunt îndreptate cu muchia spre planeta noastră şi aproape că dispar, dat fiind că sunt atât de subţiri, aşa

cum a relatat Galileo în 1612. Când inelele se află la unghiul lor maxim faţă de orbita terestră, alungesc imaginea lui Saturn sub forma unei elipse, aşa cum a văzut-o Galileo în 1616.
Când telescoapele au devenit mai performante, astronomii au putut să distingă intervalele dintre inele. Cel mai mare interval a fost descoperit în 1675 de Giovanni Domenico Cassini. El separă inelele care au ajuns să fie denumite A şi B. Imaginile furnizate de sonde arată şi alte inele, separate de intervale mai mici sau mai mari. Inelele individuale au fost etichetate alfabetic, în ordinea descoperirii lor. Saturn are o rază de 58 000

kilometri şi cel mai apropiat de planetă este inelul D — mai exact, se află la circa 70 000 de kilometri de centrul lui Saturn. Inelele B şi A sunt cele mai luminoase şi cele mai late, întinzându-se de la 90 000 la 135 000 de kilometri distanţă de planetă, separate de ceea ce a fost denumit Diviziunea Cassini, după numele celui care a descoperit-o. Dincolo de inelul A şi un alt interval denumit Diviziunea Encke (după descoperitorul ei, astronomul german Johann Encke), se află inelul F, la 140 000 de kilometri de planetă. Toate aceste inele au o înfăţişare similară, ceea ce constituie un indiciu privind originea lor comună.

Prima explicaţie a inelelor a fost că acestea ar fi o structură subţire, monolitică şi solidă, asemenea unui disc de patefon. Pe măsură ce s-au descoperit tot mai multe intervale, inelele au fost imaginate ca o colecţie de „ineluşe” concentrice şi solide. Totuşi, în 1848, omul de ştiinţă francez Edouard Roche a demonstrat că nicio structură solidă, de mari dimensiuni, aflată pe o orbită atât de apropiată de Saturn, nu ar fi supravieţuit, oricare i-ar fi fost forma. Forţele mareice ale planetei ar fi dezintegrat acea structură. Asta înseamnă că forţa gravitaţională ar fi acţionat mult mai intens asupra părţii celei mai apropiate de Saturn a structurii, în timp ce atracţia

exercitată asupra părţii ei mai îndepărtate ar fi fost mai slabă. Dacă forţa de separare ar fi mai mare decât rezistenţa internă a structurii, aceasta s-ar dezintegra. Cu cât structura este mai apropiată de planetă, cu atât forţa de separare care acţionează asupra ei este mai mare. „Limita Roche” este distanţa minimă de la care încolo poate supravieţui un satelit. Cometa Shoemaker-Levy 9 nu a respectat această limită, aventurându-se prea aproape de Jupiter în 1992, drept care s-a dezintegrat în peste 20 de fragmente. Limita Roche echivalează cu 2,4 x raza planetei şi toate inelele principale ale lui Saturn (până la inelul F inclusiv) se

situează dincolo de această limită. în 1857, fizicianul scoţian James Clerk Maxwell a demonstrat că inelele lui Saturn nu pot fi decât un mare număr de particule mici şi solide, care se rotesc independent pe orbite.
Inelele sunt foarte subţiri — poate cam 1 kilometru în porţiunile cele mai groase, iar în unele locuri au doar 10 metri în grosime. Să le comparăm cu nişte discuri de patefon ar însemna să le exagerăm grosimea relativ la diametru. Pentru a respecta raportul dintre grosime şi diametru, ar trebui ca discul să aibă grosimea unei foi de hârtie. „Intervalele” nu sunt în realitate spaţii goale, ci sunt zone în care există mai puţine particule

decât în alte locuri. De fapt, inelele propriu-zise sunt alcătuite din nenumărate intervale şi inele, asemenea şanţurilor şi benzilor în care este divizat un disc de vinii, în funcţie de conţinutul muzical. Inelele constau din particule cu dimensiuni între 1 centimetru şi 5 metri (de la pietricele la bolovani), compuse în principal din apă îngheţată şi fire de praf nu mai mari de câţiva microni. Sunt milioane de asemenea particule care se îmbulzesc într-un spaţiu limitat, iar numeroasele ciocniri macină particulele mari, crescând cantitatea de praf.
Saturn are peste 60 de sateliţi individuali, dintre care unii au diametrul sub 1 kilometru, iar cel

mai mare îl depăşeşte în diametru pe Mercur. Dat fiind că inelele sunt alcătuite din nenumărate fragmente mici, se poate presupune că sateliţii şi particulele din inele alcătuiesc un continuum. Este greu de stabilit o diviziune între ele: trebuie că există o mulţime de sateliţi cu dimensiunea mai mică de 1 kilometru, care nu au fost identificaţi individual. Majoritatea sateliţilor mai mari ai lui Saturn au orbite cu o înclinaţie mare, în ambele direcţii. Aceştia sunt probabil sateliţi accidentali, asteroizi capturaţi de Saturn, care s-au apropiat de planetă din direcţii aleatorii, la momente diferite. Dar 24 dintre sateliţi au

orbitele în acelaşi plan şi în aceeaşi direcţie ca inelele, unii dintre ei fiind în interiorul sistemului de inele. Atlas, Daphnis şi Pan sunt trei dintre aceşti sateliţi mici interiori. Atlas are orbita la limita exterioară a inelului A, Daphnis, în interiorul Intervalului Keeler din inelul A, iar Pan, în interiorul Intervalului Encke, aflat de asemenea în inelul A.
Sateliţii lui Saturn joacă un rol esenţial în controlarea inelelor, atrăgând particulele individuale ale inelelor dinspre unele orbite înspre altele. în felul acesta se sortează particulele în inele şi intervale. Procesul este denumit „păstorire”, ca şi cum particulele ar fi oi dirijate

de câinii ciobăneşti să o ia pe o anumită rută.
Uneori, intervalele sunt curăţate de un satelit care traversează inelele pe o orbită uşor excentrică, atrăgând particulele într-o parte sau în alta. Pan (botezat după zeul păstorilor din mitologia greacă) este unul dintre sateliţii care păstoresc inelele în acest fel. Are doar 30 de kilometri în diametru, dar curăţă un interval lat de 325 de kilometri.
Pan a fost descoperit după ce existenţa lui a fost prezisă teoretic în 1985 de astronomii americani Jeffrey Cuzzi şi Jeffrey Scargle, în baza unei descoperiri făcute în timp ce Cuzzi îşi omora timpul pe aeroportul din Albuquerque, statul

New Mexico, în aşteptarea avionului. Răsfoia nişte printuri ale fotografiilor realizate de sondele spaţiale Voyager. Privind atent o imagine cu Intervalul Encke, el a sesizat că intervalul avea margini vălurite. Şi-a dat seama că marginile vălurite puteau fi consecinţa unui satelit mic aflat pe orbită în interiorul intervalului. Când o particulă de la limita intervalului trece pe lângă satelit, suferă o atracţie gravitaţională care o trage pe o orbită mai excentrică. Apoi se întâlneşte cu particulele de la extremele orbitei sale, care se mişcă pe orbite circulare. Astfel se formează modelul vălurit.

La Centrul de Cercetări Ames de la NASA, împreună cu colegul său Jeff Scargle, Cuzzi a calculat cum erau create aceste valuri, cât de mare trebuie să fi fost satelitul şi unde s-ar afla pe orbita lui. Ar fi fost o muncă prea dificilă să caute prin munţii de imagini printate ca să-şi confirme teoria prin găsirea imaginii unui satelit — pentru că să vezi înseamnă să crezi —, dar cinci ani mai târziu, în 1990, arhiva de 30 000 de fotografii ale lui Saturn realizate de Voyager a fost făcută publică sub formă digitală pe un CD-ROM.
Cuzzi calculase orbita ipotetică a satelitului încă nedescoperit împreună cu un coleg, Mark Showalter. Pentru analizarea

arhivei digitale, Showalter a creat un program care a identificat şi listat toate imaginile făcute în locurile şi la momentele unde ar fi trebuit să se poată vedea satelitul. într-o dimineaţă, a plecat de-acasă la muncă spunând că o să examineze toate acele imagini şi o să găsească satelitul. Şi l-a găsit! Aşa cum Pan creează şi sculptează Intervalul Encke, Daphnis sculptează Intervalul Keeler, iar Atlas, inelul A. Fenomenul păstoririi este comun în sistemul de inele al lui Saturn.
în 2017, sonda spaţială Cassini a realizat prim-planuri ale sateliţilor Atlas, Pan şi Daphnis şi s-a putut vedea că au o formă ciudată. Imaginile cele mai clare sunt ale lui

Pan şi Atlas. Seamănă cumva cu nişte paste ravioli: au un corp central alb, neted şi sferic, circumscris de o creastă ecuatorială, care corespunde marginii zimţate a pastelor ravioli. Probabil că ar fi lipsit de delicateţe să spunem că arată ca pliseurile unui tutu pe o balerină supraponderală.
Se pare că cei trei sateliţi s-au format în interiorul inelelor lui Saturn într-o perioadă în care acestea erau mai groase, materialul de la inele căzând pe sateliţi din toate direcţiile şi dându-le forma centrală rotundă pe care o vedem azi. în felul acesta, inelele s-au subţiat treptat şi s-au format intervale. Ulterior, materialul

rezidual al inelelor a căzut pe regiunile ecuatoriale ale sateliţilor şi astfel s-au format crestele ecuatoriale. Pan şi Atlas nu au o masă considerabilă, aşa încât materialul inelelor nu s-a ciocnit de suprafaţa lor cu o viteză mare: s-a aşezat ca zăpada, acumulându-se sub forma unui zid. Iar forţele gravitaţionale ale sateliţilor nu au fost suficient de puternice pentru a aplatiza crestele în timp. Niciunul dintre sateliţi nu are o densitate foarte mare — densitatea lor medie este mai mică decât jumătate din densitatea
apei. Aceasta e similară cu densitatea zăpezii proaspăt aşternute, care este o acumulare de cristale de gheaţă cu spaţii între

ele. Se pare că materialul din care sunt formate Pan şi Atlas este similar.
Satelitul Mimas este şi el foarte activ în menţinerea structurii de inele şi intervale, dar printr-un mecanism întru câtva diferit. Are un diametru de 200 de kilometri şi orbita lui este situată nu departe de exteriorul inelelor. Particulele de la marginea interioară a Diviziunii Cassini se deplasează pe orbită exact de două ori mai repede decât Mimas, iar forţa exercitată constant de acesta asupra particulelor le abate uşor de la traiectoriile lor. Aceasta limitează orice tendinţă a particulelor din inelele A şi B de a umple Diviziunea Cassini.

Particulele aflate la graniţa dintre inelele C şi B se află într-o situaţie similară, deplasându-se pe orbite de trei ori mai repede decât Mimas. Prometeu este un alt satelit-păstor, de data asta pentru marginea interioară a inelului F. Pietricelele din inelele lui Saturn populează spaţiul din jurul planetei cu echivalentul unor particule de testare, care arată cum este umplut spaţiul de forţele gravitaţionale datorate planetei şi sistemului său de sateliţi. Aceasta s- a dovedit a fi o situaţie de o bogăţie extraordinară, numai bună de studiat de către astronomi. Teoria gravitaţiei are o vechime de 300 de ani şi, înainte de aceste analize ale inelelor saturniene,

toată lumea credea că subtilităţile ei au fost bine înţelese. Totuşi comportamentul inelelor ascundea alte secrete care trebuiau scoase la lumină.
Ca o complicaţie suplimentară, Voyager 1 a descoperit în inelul B un fel de „spiţe” întunecate, aproape radiale, lungi de aproape 8 000 de kilometri şi late de 2 000 de kilometri. Ele se dezvoltă în câteva minute, se rotesc odată cu inelele şi dispar în câteva ore. De asemenea, apar şi dispar de-a lungul anilor, probabil în corelaţie cu orbita lui Saturn. Spiţele rămân neexplicate, dar par să fie formate din praf adunat şi ţinut laolaltă de forţe electrostatice.

Cel mai mare secret, unul care încă rămâne necunoscut, este de unde vin inelele. Multă vreme, bazându-se pe rezultatele lui Roche, unii astronomi au crezut că particulele au rezultat în urma dezintegrării unui satelit de mărimea lui Mimas, care s-a apropiat prea mult de Saturn şi a fost descompus de forţele mareice ale planetei. Alţii cred că inelele sunt la fel de vechi ca Saturn însuşi, luând naştere în timpul formării planetei. A treia ipoteză spune că o cometă s-a dezintegrat la întâlnirea cu Saturn, ceea ce ar explica compoziţia materialului inelelor.
Sonda Cassini a oferit un indiciu potrivit căruia naşterea inelelor a fost un eveniment relativ recent. în

ultimele ei zile, sonda a coborât pe o traiectorie în spirală sub inele, intrând în atmosfera lui Saturn — manevră numită Grand Finale. Această coborâre a fost considerată prea riscantă pentru a fi executată în timpul misiunii principale, de teama unei posibile ciocniri între sondă şi o rocă rătăcită în afara inelelor. Navigând în interiorul inelului B, cel mai apropiat de Saturn, Cassini a întâlnit o „ploaie” neaşteptat de puternică de gheaţă şi alte substanţe chimice simple căzând din inele pe planetă. Inelele dispar rapid, ceea ce sugerează că nu pot fi prea vechi.
Saturn seamănă cu Jupiter, dar nu e la fel de mare, este mai depărtat

de Soare şi mai rece. în consecinţă, Saturn are o existenţă mai puţin palpitantă, cu mai puţine fenomene atmosferice şi mai puţine furtuni violente. Are o structură similară cu a lui Jupiter, cu un nucleu stâncos, înconjurat de hidrogen metalic, apoi de hidrogen lichid, iar în cele din urmă de hidrogen gazos şi heliu. Se pare că există mai puţin heliu pe Saturn decât pe Jupiter, dar, potrivit unor astronomi, lucrurile ar sta de fapt altfel: heliul ar fi coborât sub pătura de nori, drept care nu poate fi observat, nu că n-ar exista. La fel ca în cazul lui Jupiter, gazul din partea superioară a norilor este amestecat cu impurităţi chimice, care îi dau lui Saturn culoarea galben-pal: se

crede că responsabile pentru această culoare ar fi cristalele de amoniac. Norii sunt alcătuiţi din acetilenă, etan, propan, hidrogen fosforat şi metan, hidrosulfură de amoniu şi apă. Planeta prezintă benzi în diferite nuanţe de galben şi e presărată cu vârtejuri circulare şi furtuni greu de văzut.
Saturn se roteşte doar cu puţin mai încet decât Jupiter şi are o formă elipsoidală similară. Nucleul lui Saturn se roteşte cu o perioadă de 10 ore şi 33 de minute, măsurată după natura ciclică a emisiilor sale radio, care sunt corelate cu magnetosfera, aceasta din urmă fiind, la rândul ei, generată de nucleu. Vânturile de pe Saturn sunt printre cele mai rapide din

sistemul nostru solar şi afectează viteza de rotaţie a norilor la partea superioară. Există o diferenţă foarte mare între perioada de rotaţie a norilor din apropierea polilor (10 ore şi 40 de minute) şi perioada de rotaţie a norilor la ecuator (10
ore şi 15 minute).
Deşi viteza de deplasare a vânturilor în jurul planetei este atât de mare, turbulenţa climei şi a sistemelor atmosferice este mai puţin pronunţată decât pe Jupiter. Asta probabil pentru că Saturn este de două ori mai departe de Soare decât Jupiter, fiind deci mai rece, şi în ciuda faptului că înclinaţia sa axială este de 17 grade, similară cu cea a Pământului. în consecinţă,

contrastul dintre modelele climatice în partea superioară a norilor lui Saturn este mai puţin pronunţat decât în cazul lui Jupiter, astfel încât planeta este mai puţin interesantă de urmărit din această perspectivă. Există şi unele excepţii de la această înfăţişare anostă. Saturn are o Mare Pată Albă, o denumire care amplifică acest fenomen pentru a-l face să pară la fel de important ca Marea Pată Roşie de pe Jupiter. Este o furtună care apare la intervale de circa 30 de ani, o dată la fiecare perioadă orbitală, declanşându- se când polul nordic al lui Saturn este înclinat către Soare. De asemenea, în 2004, sonda spaţială Cassini a văzut o formaţiune complexă de

nori denumită Furtuna Dragon. Ea a generat explozii de unde radio şi a fost interpretată ca o furtună gigantică, în care emisiile radio erau produse de fulgere.
Există o trăsătură unică a atmosferei lui Saturn, care n-a fost bănuită înainte de Epoca Spaţială. Din cauză că de pe Pământ nu vedem cu claritate polii lui Saturn, abia cu prilejul misiunilor Voyager din 1981 am primit nişte imagini făcute de la mică distanţă (confirmate de misiunea Cassini din 2006), în care oamenii de ştiinţă au văzut un fenomen neobişnuit: un hexagon de nori la polul nord al planetei. Este o caracteristică unică în sistemul solar. Laturile hexagonului au

lungimea de circa 14 500 de kilometri; suprafaţa sa ar cuprinde cu uşurinţă Pământul de câteva ori. Polul nord al lui Saturn a fost vizualizat prin mai multe filtre colorate la momente diferite. Hexagonul apare în toate aceste imagini. Asta înseamnă că diferitele culori provin de la adâncimi diferite din atmosfera lui Saturn. Prin urmare, corpul hexagonului ar trebui să aibă o înălţime de ordinul sutelor de kilometri. Au fost propuse o mulţime de explicaţii pentru această formă hexagonală, dar deocamdată juriul este în deliberare şi motivul acestei forme geometrice precise rămâne unul din secretele lui Saturn.

Controversa din
jurul acestei
structuri nou
descoperite
exemplifică unul
dintre motivele
explorării sistemului
solar. Ştiinţa
meteorologiei s-a
dezvoltat pentru a
se putea prezice
fenomenele

atmosferice de pe Pământ. Atmosferele celorlalte planete constituie noi provocări pentru meteorologie şi îi impulsionează dezvoltarea, făcând-o să atingă noi niveluri ale cunoaşterii, iar

aceste progrese se răsfrâng asupra meteorologiei terestre, conferindu-i o amploare şi o precizie mai mari. Aşa cum biografiile oamenilor oferă indicii privind caracterul uman, din care putem extrage lecţii

privind propriul nostru comportament, tot aşa biografiile planetelor ne oferă indicii despre propria noastră lume şi despre modurile în care ne influenţează ea. Chiar dacă studiază vieţile altor planete

din sistemul solar, oamenii de ştiinţă care se ocupă de spaţiul cosmic au mereu în minte planeta numită Pământ

.Capitolul 12

Titan: existenţă suspendată

* Clasificare ştiinţifică: satelit al lui Saturn.
* Distanţă faţă de Saturn: 3,27 x distanţa dintre Pământ şi Lună = 1 221 850 km.

* Perioadă orbitală: 15,9 zile.

* Diametru: 1,48 x diametrul Lunii

= 5 150 km.

* Perioadă de rotaţie: sincronă.

* Temperatură medie a suprafeţei: -

180 °C.

* Plan secret: „Dacă voi găsi energia necesară, într-o zi am să aduc viaţă în regiunea asta”. Astronomii care studiază galaxiile au posibilitatea să privească în trecut observându-le pe cele mai îndepărtate. Lumina se deplasează cu o viteză limitată şi, după ce este emisă de o galaxie, ajunge la noi

după un anumit timp. Ea le aduce astronomilor veşti despre felul cum erau galaxiile îndepărtate când lumina a plecat de acolo. Dacă galaxia este foarte îndepărtată, timpul acesta poate fi lung. A devenit astfel aproape o rutină pentru astronomi să studieze galaxii în toate etapele vieţii lor. în termeni biologici, este ca şi cum ai studia elevii dintr-o şcoală, cumpărătorii dintr-un mall şi bătrânii dintr-un azil pentru a deduce astfel modul în care îmbătrânesc oamenii. într-un oraş, comunităţile de oameni sunt separate de distanţă, dar în univers galaxiile sunt separate de ani-lumină, adică de timp. Intervalul de timp pe care astronomii îl au la

dispoziţie pentru a cerceta trecutul în acest fel se întinde până la 90% din vârsta universului, adică circa 12 miliarde de ani.
Pe de altă parte, astronomii care studiază planete nu se află într-o poziţie la fel de bună. Planetele din sistemul solar sunt îndepărtate din punctul de vedere al distanţelor cu care suntem obişnuiţi în mediul nostru de viaţă, dar nu atât de îndepărtate din perspectiva distanţelor astronomice. Ca să ajungă de la Saturn la Pământ, lumina are nevoie doar de o oră şi 20 de minute. Nu e de niciun folos în descifrarea istoriei unei planete să ştii cum era aceasta cu o oră înainte, dacă ţinem cont că vârsta

ei este de 4,6 miliarde de ani. O oră aproape că nu înseamnă nimic. Există un sens în care astronomii pot privi în trecut când studiază planeta Saturn. Aceasta se află la marginea exterioară a sistemului solar, în care influenţa gravitaţională a Soarelui şi lumina de la acesta sunt slabe. în consecinţă, Saturn este rece. Mai mult, la această distanţă faţă de Soare, asteroizii sunt mai puţin numeroşi şi se mişcă mai lent. Una peste alta, în vidul cosmic se întâmplă mai puţine lucruri. La temperaturi scăzute, procesele chimice sunt mai slabe, iar în condiţii de gravitaţie redusă, ciocnirile sunt mai rare şi mai lente. Dacă ar exista o planetă

similară Pământului în regiunile depărtate ale sistemului solar, probabil că ar fi mai puţin avansată în evoluţia ei în comparaţie cu planeta noastră. Ar putea fi asemenea Terrei la scurt timp după ce s-a format, poate chiar înainte ca viaţa să fi evoluat aici.
Deşi astronomii nu pot călători în mod real înapoi în trecutul îndepărtat pentru a vedea cum arăta de fapt Pământul, sistemul solar ne-a pus la dispoziţie exemplul norocos al unei lumi care în prezent este aşa cum era cândva planeta noastră. Exemplul îl constituie Titan, unul dintre sateliţii lui Saturn. Trimiţând sonde spaţiale robotizate pentru a-l studia, astronomii au parcurs în

spaţiu distanţa pe care n-o pot străbate în timp: distanţa până la originile vieţii.
Saturn şi sateliţii săi au fost exploraţi pentru prima oară cu ajutorul unor survolări scurte efectuate de Pioneer 11 în 1979 şi de cele două sonde Voyager în 1980 şi 1981. în 1997, sonda spaţială Cassini-Huygens, construită de NASA şi ESA, a fost lansată de la Cape Kennedy din Florida pentru a studia sistemul lui Saturn. Ajunsă la destinaţie, nava s-a separat în două. Sonda spaţială numită Huygens s-a paraşutat pe cel mai mare satelit saturnian, Titan, în vreme ce naveta orbitală Cassini a pătruns în sistemul lui Saturn şi s-a deplasat în interiorul

acestuia din 2004 până în 2017. Această misiune comună — una dintre cele mai reuşite misiuni de explorare planetară din toate timpurile — ne-a sporit substanţial cunoştinţele despre Saturn. Ne-a deschis ochii faţă de potenţialul de dezvoltare a vieţii în locuri despre care se credea anterior că ar fi complet imposibilă.

Am urmărit lansarea lui Cassini-Huygens de la Centrul Spaţial Kennedy. Era noapte şi am stat lângă canalul de scurgere din apropierea rampei de lansare. De la baza unui mal abrupt din apropiere, un aligator se uita în sus la mine, clipind. Ochii îi scânteiau în lumina lunii, iar solzii îi străluceau de la apa noroioasă prin

care înota. O rachetă Titan IVB/Centaur, cea mai puternică disponibilă la acea vreme, se înălţa pe rampa de lansare, în lumina puternică a reflectoarelor. Era o forţă brută de o mie de tone, având la bord două tone de tehnologie spaţială sofisticată de secol XX. Undeva în apropierea rampei, într-un buncăr care îi proteja de accidente, controlorii misiunii efectuau numărătoarea inversă care avea să trimită astronava în locuri de care mă despărţea o distanţă enormă. Aşa cum s-a dovedit, acele locuri erau totodată separate de mine şi printr-un enorm interval de timp. Dacă ar fi existat viaţă în sistemul saturnian, aceasta ar fi fost mult mai

primitivă în comparaţie cu aligatorul decât era aligatorul în comparaţie cu mine. Racheta s-a desprins de rampă cu un zgomot asurzitor şi o explozie luminoasă de la combustibilul ars, pornind pe o traiectorie uşor curbă deasupra Oceanului Atlantic şi înălţându- se în spaţiu. Am aşteptat şapte ani, cât i-a luat ca să ajungă la Saturn, până când am auzit de primele sale descoperiri.
Titan este cu doar 100 de kilometri mai mic în diametru decât satelitul Ganymede al lui Jupiter, dar este mai mare decât planeta Mercur. Este atât de mare, încât şi-a păstrat o atmosferă densă, fiind singurul satelit care a reuşit acest lucru. Atmosferele celorlalţi sateliţi

sunt rarefiate şi temporare — acolo unde există. Prin telescoapele noastre de pe Pământ, Titan apare ca o sferă lipsită de forme de relief, acoperită de un strat uniform de nori. Senzorii primelor sonde care au survolat satelitul nu au reuşit să pătrundă prin pătura de nori, astfel că nu au sesizat forme de relief la suprafaţă. însă au observat şi au strâns date despre atmosfera lui densă, care avea aspectul unei ceţi oranj în lumina Soarelui. Atmosfera lui Titan se înalţă până la aproape 1 000 de kilometri în spaţiu. Atmosfera este compusă în cea mai mare parte din azot, cu doar câteva procente de metan (1-5%, în funcţie de înălţimea atmosferică), precum şi urme de heliu, argon şi

alte hidrocarburi. Ceaţa observată de sonde este un smog de particule negricioase, produse de acţiunea luminii solare ultraviolete asupra metanului.
Faptul că metanul continuă să existe în atmosfera lui Titan este semnificativ, căci acţiunea luminii solare ar fi trebuit să transforme întreaga atmosferă în alte hidrocarburi în mai puţin de 50 de milioane de ani. Prin urmare, pe Titan trebuie să existe o sursă de metan: un rezervor imens, coşuri vulcanice sau chiar, ipotetic vorbind, activitate biologică.
Temperatura la suprafaţa lui Titan este de -170 °C, iar presiunea atmosferică la suprafaţă este de 1,5 ori mai mare decât cea de la

suprafaţa Pământului. în astfel de condiţii, metanul se condensează în stare lichidă. Titan trebuie să fie „umed” — nu din cauza apei, ci a metanului lichid. Până la misiunea Cassini- Huygens, structura acestei suprafeţe umede era necunoscută. Planetologii se întrebau dacă suprafaţa este umedă pretutindeni: un ocean de metan la scara întregului satelit natural? Sau este presărată cu iazuri şi lacuri printre stânci? Sau este umedă şi moale ca o mlaştină? Controversele au intrat în faza detaliilor tehnice în timpul proiectării landerului Huygens. în mod evident, răspunsul la aceste întrebări ar fi fost determinant pentru supravieţuirea sondei spaţiale. Controversa a rămas

nerezolvată până când Huygens a ajuns acolo. Acest secret al lui Titan a fost dezvăluit abia în momentul asolizării.

Huygens a fost transportat de Cassini până la Saturn, apoi a coborât pe Titan. Călătoria până la Saturn a fost un zbor spaţial lung de şapte ani, în care Huygens a dormitat mai tot timpul, fiind trezit pentru scurt timp odată la şase luni pentru un control de sănătate. A fost o mare realizare construirea unor echipamente care să fie depozitate şapte ani în condiţii spaţiale şi care să funcţioneze odată ajunse la destinaţie. Landerul urma să coboare pe Titan cu ajutorul unor paraşute, al căror material trebuia pliat foarte strâns,

ca să încapă în interiorul astronavei — oare aveau să se desfacă paraşutele? Cassini era alimentat de un generator electric radioactiv, dar Huygens avea baterii. Bateriile trebuiau să piardă cât mai puţin din energia înmagazinată, astfel încât să rămână suficientă pentru acţionarea aparaturii electrice (lumina solară care ajunge la Saturn este atât de slabă, încât panourile solare ar fi fost ineficiente). Computerele trebuiau programate cu un software care fusese testat o perioadă mai îndelungată decât de obicei, prin urmare era deja învechit când nava a părăsit Pământul — oare aveau să mai fie controlori ai misiunii

care să înţeleagă acel limbaj de programare în momentul asolizării, astfel încât să poată efectua modificările necesare? De fapt, aveau să mai fi prin preajmă oamenii care construiseră echipamentul ca să le spună controlorilor cum funcţionează şi ce trebuie să facă dacă apare vreo problemă? Răspunsurile au fost pozitive, graţie disciplinei cu care misiunea a fost planificată şi controlată de către NASA şi Agenţia Spaţială Europeană. Cassini a ajuns cu bine la Saturn în ziua de Crăciun a anului 2004. S-a separat de Huygens făcând să explodeze bolţurile cu care era fixat de el şi detensionând arcurile care au propulsat landerul în

spaţiu. Timp de două săptămâni, landerul a navigat către ţintă, paraşutându-se în cele din urmă pe Titan. încărcătura ştiinţifică a landerului era alimentată cu baterii care au durat cu puţin peste trei ore. Coborârea lentă a durat două ore, timp în care sonda spaţială a determinat compoziţia atmosferei lui Titan şi a efectuat şi alte măsurători. Landerul s-a legănat ca un pendul sub paraşute, rotindu-se lent şi planând în bătaia vântului. în timpul coborârii a fost în întregime autonom. Dacă ar fi fost de luat o decizie, nu ar fi avut niciun rost să fie programat să trimită un mesaj radio pe Pământ prin care să se ceară ajutor. Până când undele radio ar fi făcut cale

întoarsă de pe Pământ aducând cu ele un răspuns, ar fi trecut cel puţin trei ore, iar problema s-ar fi rezolvat de la sine — sau nu.

O cameră instalată pe lander a filmat imaginile din timpul coborârii. Sonda s- a îndreptat spre un ţărm stâncos. Se vedea o zonă plană care mărginea o regiune deluroasă secţionată de canale de scurgere — râuri. Pe care parte a ţărmului avea să asolizeze Huygens? Pe dealuri, de unde s-ar fi putut rostogolit pe peretele unei văi? Sau avea să aterizeze în siguranţă pe zona plană? Care era natura acestei zone plane? Oare sonda urma să coboare pe o suprafaţă stâncoasă stabilă? Sau avea să se scufunde într-un lac ori

să fie înghiţită de nişte nisipuri mişcătoare? Primul lucru pe care Huygens urma să-l facă pentru a explora suprafaţa lui Titan era să o atingă. Landerul era prevăzut în partea de jos cu o sondă subţire, care urma să determine cât de dur era locul asolizării — argumentele din timpul fazei de proiectare sugeraseră că putea fi vorba de o suprafaţă lichidă, solidă sau mlăştinoasă.

Sonda a asolizat cu un bufnet înfundat, deşi nu era nimeni acolo care să audă zgomotul. Terenul era relativ neted, dar nu era lichid. Suprafaţa nu era nici dură şi solidă, nici moale şi pufoasă; era uşor comprimabilă, ca un strat de nisip ud sau de zăpadă nu foarte

compactă. Când s-a aşezat pe sol, landerul a adâncit câţiva milimetri în nisip piatră aflată sub baza lui. Camera instalată pe lander a filmat zona din jurul locului de asolizare şi a avut timp să transmită o imagine până la Cassini şi de-acolo spre Pământ. în imagine se văd bolovani rotunjiţi, care s-au rostogolit pe albiile râurilor într-un estuar plin cu nisip umed. în unele privinţe, imaginea este prozaică, un peisaj banal, care poate fi văzut pe orice ţărm noroios de pe Pământ, brăzdat de râuri care ies din matcă. Un peisaj pe care l-ai putea vizita în timpul unei plimbări revigorante într-un weekend, dar nu unul care să fie suficient de atrăgător pentru un

concediu de odihnă. Dar în spatele acestei privelişti cvasiterestre se află ceva care nu seamănă cu nimic de pe Pământ. Peisajul a fost creat nu de apă, ci de metan lichid. Pe Titan, plouă cu metan pe dealuri, iar metanul lichid se scurge în râuri, cărând sloiuri de gheaţă pe care le depozitează pe fundul câte unui lac de metan care mai apoi se evaporă.
Atmosfera opacă şi ceţoasă, ca de smog, ascunde suprafaţa lui Titan, dar pe măsură ce se rotea pe orbita lui Saturn, survolând de câteva ori satelitul Titan, sonda Cassini şi-a folosit radarul pentru a penetra prin smog şi a analiza întreaga suprafaţă. Locul de asolizare al lui Huygens făcea parte dintr-un

peisaj lichid, un mozaic de mici lacuri de metan, cu forme neregulate. Altundeva există un râu lung de 400 de kilometri, care curge printr-o regiune de canioane cu pereţi abrupţi, înalţi de până la 600 de metri. într-o fotografie a lui Titan făcută de Cassini în timp ce „privea” înapoi spre Soare pe deasupra unuia dintre lacuri, se vede scânteierea Soarelui la apus reflectată sub atmosferă. Când vântul bate cu putere, lacurile au valuri înalte care se rostogolesc agale pe suprafaţa lor. (Titan ar putea fi un loc bun pentru surfing.) Succesiunea anotimpurilor pe satelit face ca lacurile să secе şi apoi să se reumple progresiv. Huygens a asolizat în acel loc într-

un moment norocos, în anotimpul secetos. Dacă ar fi asolizat într-un moment nepotrivit, ar fi căzut în lac şi s-ar fi scufundat.

Atmosfera lui Titan seamănă cu atmosfera Pământului aşa cum era odinioară, iar chimia bogată în carbon a atmosferei şi lacurilor sale se crede că este similară chimiei

bazate pe carbon
care a precedat
viaţa pe Pământ.
Ingredientele
chimice pentru viaţă
există acolo, în
atmosfera prebiotică
a lui Titan. Nu
există dovezi de
viaţă propriu-zisă,
deşi probabil că pe
ţărmurile lacurilor

trăiesc unele
archaea —
organisme primitive
de tipul bacteriilor.
în mod sigur acestea
nu au provocat pe
Titan o Mare
Oxigenare ca aceea
care a înzestrat
atmosfera terestră
cu oxigen în urmă
cu circa 2,4 miliarde

de ani. Ştim că acest lucru nu s-a întâmplat, pentru că oxigenul s-ar fi combinat cu metanul şi l-ar fi eliminat din atmosferă. în viitor, sonde spaţiale sub forma unor drone ar putea explora satelitul zburând

prin atmosfera acestuia în căutarea vieţii în lacurile de metan. Se va dovedi oare că Titan se află în mod categoric într-un stadiu prebiotic sau că este plasat chiar la începutul procesului care duce la apariţia vieţii

?Capitolul 13

Enceladus: o inimă caldă

* Clasificare ştiinţifică: satelit al lui Saturn.
* Distanţă faţă de Saturn: 0,62 x distanţa dintre Pământ şi Lună = 238 000 km.

* Perioadă orbitală: 1,37 zile.

* Diametru: 0,145 x diametrul Lunii

= 500 km.

* Perioadă de rotaţie: sincronă.

* Temperatură medie a suprafeţei: -

198 °C.

* Mândrie secretă: „Poate că par

rece la suprafaţă, dar am o inimă

caldă”.

Enceladus, satelit al lui Saturn, este o mică sferă stâncoasă acoperită de gheaţă, cu diametrul de 500 de kilometri. Natura lui atrage atenţia mai mult decât dimensiunea. în unele privinţe, Enceladus este văr cu Io al lui Jupiter. La fel ca Io, Enceladus are vulcani — dar nu dintre cei cu erupţii de lavă incandescentă, ci criovulcani („vulcani reci”), din care erup gheizere de apă îngheţată. Apa cade sub formă de zăpadă pe jumătate din suprafaţa satelitului. Enceladus este o

combinaţie între Parcul Yellowstone din Wyoming şi staţiunea de schi Aspen din Colorado. Existenţa criovulcanilor a fost descoperită în urma unei observaţii întâmplătoare efectuate de o echipă condusă de Michele Dougherty de la Colegiul Imperial din Londra. Instrumentele de la bordul unui satelit ştiinţific sunt realizate de o echipă condusă de un cercetător ştiinţific principal, cel care îşi asumă responsabilitatea livrării la timp a echipamentului în stare funcţională şi îi garantează nu numai performanţa, ci şi că nu va cauza probleme altor componente ale satelitului. Dougherty a ocupat această funcţie pentru un

instrument de pe sonda spaţială Cassini care a fost folosit pentru cartografierea câmpului magnetic al lui Saturn. Oriunde se afla sonda spaţială, instrumentul făcea o măsurătoare. în 2005, Cassini trecea pe lângă Enceladus la o distanţă considerabilă, iar Dougherty şi echipa ei nu se aşteptau să vadă ceva semnificativ. Erau atât de dezinteresaţi de perspectiva a ceea ce presupuneau că va fi o măsurătoare de rutină, încât nici n-au mai verificat datele o zi sau două. Totuşi, când au făcut-o, au observat că o neregularitate a câmpului magnetic al lui Saturn se deplasa odată cu Enceladus. Aceasta sugera că satelitul avea un fel de

atmosferă care prinsese câmpul magnetic ca într-o capcană şi îl trăgea după el. Dougherty a observat acelaşi lucru când sonda a mai trecut o dată pe lângă Enceladus. Erau unele indicii potrivit cărora „atmosfera” era compusă din apă. Enceladus este prea mic pentru a avea o atmosferă permanentă şi ar fi fost o situaţie rară ca un satelit să aibă o atmosferă din apă, în afara unor perioade scurte, după o ciocnire cu o cometă. Aşadar ce se întâmpla? Dougherty şi echipa ei au analizat descoperirea câteva săptămâni, prelucrând de mai multe ori datele pentru a fi siguri de ceea ce văzuseră şi examinând implicaţiile. Prezentând descoperirea la o

conferinţă legată de misiune, ea a reuşit să-i convingă pe controlorii misiunii să dirijeze sonda prin regiunea unde fusese observată neregularitatea, pentru a confirma că acolo există particule de materie. Asta a presupus un survol al sondei la distanţă foarte mică de suprafaţa satelitului. Controlorii misiunii erau entuziasmaţi de perspectiva de a doborî recordul pentru cea mai apropiată survolare a unui satelit efectuată de o sondă spaţială, recordul la momentul acela fiind de numai 173 de kilometri. Ar fi fost o performanţă lăudabilă!

La început, oamenii de ştiinţă au fost sceptici cu privire la orice schimbare a programului misiunii

pe care îl puseseră la punct în ani de zile. Dar până la urmă s-au lăsat convinşi că descoperirea ar fi importantă şi că sonda Cassini ar trebui să participe la realizarea ei. în cele din urmă, oamenii de ştiinţă şi controlorii au făcut sonda să zboare la o altitudine de doar 25 de kilometri, unde „atmosfera” era atât de densă, încât a fost cât pe ce să se piardă controlul asupra astronavei — a fost un act de bravadă aproape exagerat!
Pe măsură ce datele se acumulau, a devenit clar că „atmosfera” este localizată
la polul sudic al lui Enceladus. în regiunea botezată de astronomi „dungi de tigru”, satelitul produce jeturi de vapori de apă şi fragmente de gheaţă (grindină şi

zăpadă) amestecate cu metan, dioxid de carbon şi alte molecule organice simple. Jeturile au fost vizualizate ca nişte fântâni arteziene la o trecere a sondei spaţiale pe deasupra suprafeţei satelitului în 2006. Aceasta a fost poziţionată anume ca să vizualizeze jeturile, pe fundalul luminos asigurat de Soare.
Cantitatea totală de gheaţă care este ejectată în spaţiu în jurul lui Enceladus este aproximativ egală cu cea provenită de la gheizerul Old Faithful din Parcul Yellowstone. O parte din cristalele de gheaţă cad pe Enceladus, iar restul sunt ejectate în spaţiu şi alimentează inelul E. Acest inel difuz se află în afara inelelor principale ale lui

Saturn. Inelul conturează orbita lui Enceladus, făcând-o vizibilă, curbându-se în spaţiu în jurul planetei.
La fel cum suprafaţa lui Io este acoperită cu sulf şi cenuşă de la vulcanii săi, jumătate din suprafaţa lui Enceladus este acoperită cu gheaţă provenită de la criovulcanii acestuia. Relieful care acoperă polul nord al lui Enceladus are o vechime considerabilă şi este plin de cratere, ca Luna. Craterele sunt deformate, erodate şi tăiate de prăpăstii, ceea ce arată că, de la formarea craterelor, a existat o activitate geologică substanţială. Prin contrast, emisfera sudică a lui Enceladus, unde sunt situate gheizerele, este nouă, netedă, cu

un relief uşor vălurit, acoperită de jeturi de zăpadă şi de grindină. Zăpada din jeturi cade înapoi pe suprafaţa satelitului. Zăpezile căzute vreme de milioane de ani au acoperit suprafaţa cu un strat gros. Micuţii fulgi de nea au acoperit suprafaţa stâncoasă a lui Enceladus, netezindu-i dealurile şi depresiunile. Unele dintre formele de relief mai pronunţate se iţesc fantomatic deasupra zăpezii: cratere şi canioane vechi îngropate, cele mai mari dintre ele comparabile cu Marele Canion din Arizona.
Stratul de zăpadă fină are pe alocuri o grosime de 100 de metri în această regiune. Deci este considerabil mai gros decât într-o

staţiune de schi. Dar s-a acumulat cu o viteză mult mai mică decât şi-ar dori managerul unei astfel de staţiuni să se întâmple la începutul sezonului de schi. Mai exact, viteza de acumulare este mai mică de o miime de milimetru pe an. De-a lungul a milioane de ani, chiar şi la o viteză atât de mică, zăpada a creat o pistă extrem de fină — suprafaţa de schiat este permanentă şi garantată! Valurile mari de pe lacurile lui Titan sunt foarte bune pentru surfing, iar Enceladus este locul unde trebuie să te duci pentru a schia. Ar fi foarte costisitor să călătoreşti până la sistemul saturnian ca să-ţi petreci vacanţa acolo, dar ai găsi la faţa locului condiţii atât pentru

sporturile de vară, cât şi pentru cele de iarnă.
Gheizerele de pe Enceladus care au creat aceste condiţii potenţial ideale pentru practicarea sporturilor de iarnă pe toată durata anului sunt alimentate de rezervoare de apă lichidă aflate la o adâncime relativ mică. Scoarţa este brăzdată de crăpături mari, paralele şi închise la culoare (aşa-numitele „dungi de tigru”), iar în adâncul ei se află regiuni calde. Rocile sunt încălzite de încovoierea corpului satelitului provocată de forţele mareice ale lui Saturn — cam în aceeaşi manieră în care Jupiter acţionează asupra lui Io. Prin urmare, în interiorul lui Enceladus se află rocă fierbinte, a

cărei căldură topeşte gheaţa internă şi umple cavernele subterane cu apă, în care sunt dizolvate substanţe chimice organice. Rezervoarele de apă subterane sunt uriaşe. Partea superioară a oceanului de sub suprafaţă se află probabil la o adâncime de 30 de kilometri, iar adâncimea oceanului poate fi de până la 10 kilometri.

Mediul din acest ocean este similar cu unele medii de nişă de pe Pământ: peşteri umede, calde şi întunecate,

situate adânc în interiorul rocilor vulcanice. Implicaţia ar fi că Enceladus este un potenţial habitat pentru viaţă. Când specula pe marginea locului de pe Pământ unde ar fi putut să se nască viaţă, Charles Darwin îşi imagina

că a fost vorba de un „mic iaz călduţ” (vezi Capitolul 2). Pe Enceladus, viaţa ar fi putut să înceapă într-un „uriaş rezervor călduţ”. Ceea ce face din Enceladus o potenţială ţintă de explorat în căutarea vieţii extraterestre.

S-ar putea să fie
locul cel mai
accesibil pentru a
face acest lucru.
Gheizerele de pe
Enceladus aduc
eşantioane de apă
cândva caldă la
suprafaţa satelitului,
unde pot fi colectate
pentru analize de
către o sondă

spaţială pornită în
căutarea vieţii
extraterestre.
Aceasta ar putea
zbura printre jeturi
şi n-ar fi nevoită să
foreze printr-un
kilometru de gheaţă,
aşa cum s-ar
întâmpla dacă ar
căuta viaţă în
oceanul de sub

suprafaţa satelitului jupiterian Europa. Nici măcar nu trebuie să asolizeze pe Enceladus ca să vadă dacă există viaţă acolo. Nu e de mirare că astrobiologii sunt atraşi de studierea acestui satelit, visând la trimiterea

unor misiuni care să-l exploreze, pentru a-i dezvălui secretele rămase

.Capitolul 14

Uranus: planeta răsturnată

* Clasificare ştiinţifică: gigant de gheaţă.
* Distanţă faţă de Soare: 19,2 x distanţa Pământ-Soare = 2 872,5 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 84,1 ani.

* Diametru: 4,01 x diametrul

Pământului = 51 118 km.

* Perioadă de rotaţie: 17,9 ore.

* Temperatura medie la partea de

sus a norilor: -165 °C.

* Putere secretă: „Am o

perspectivă complet diferită asupra

universului”.

în Antichitate, Uranus era necunoscută. în principiu, poate fi văzută cu ochiul liber în condiţiile cele mai favorabile, dar deloc uşor, aşa încât nu e o surpriză că nimeni nu a observat-o înainte de inventarea telescoapelor. Planeta a fost descoperită în 1781. Existenţa sa pare să confirme o formulă

ciudată numită „legea lui Bode”, referitoare la distanţele planetelor faţă de Soare, care pare să descrie un aspect semnificativ al arhitecturii sistemului solar. La momentul respectiv, lumea credea că, dacă am putea înţelege secretul dezvăluit de legea lui Bode, am avea parte de o importantă revelaţie ştiinţifică. Unii continuă să spere că există un secret ştiinţific ascuns în această lege, care urmează să fie descoperit, dar, dacă aşa stau lucrurile, oamenii de ştiinţă încă n-au aflat despre ce e vorba.

Alţi astronomi sunt sceptici. îndoielile lor sunt exprimate, printr-o coincidenţă, în mişcarea

din suita muzicală Planetele pe care compozitorul
Gustav Holst a dedicat-o planetei Uranus. El şi-a subintitulat mişcarea „Magicianul”. Compoziţia conţine câteva trucuri de magie, inclusiv o incantaţie în punctul culminant final, în care Uranus pare să se învăluie în flăcări şi să dispară. Fără tragere de inimă, mulţi astronomi au conchis că, la fel ca trucurile de magie, legea lui Bode e mai puţin misterioasă decât pare. Totuşi nu este o iluzie faptul că Uranus este întoarsă cu susul în jos.
Astronomul care a descoperit planeta Uranus a fost William Herschel, ajutat de sora sa, Caroline. în 1871, William nu era

de fapt astronom, ci un muzician interesat de astronomie. S-a născut în 1738 la Hanovra şi a devenit membru al unei fanfare militare. A luptat de partea armatei britanice în Bătălia de la Hastenbeck, după care a părăsit armata; unii spun pe nedrept că ar fi dezertat în degringolada care a urmat după ce britanicii au fost înfrânţi de francezi. Nu ştim dacă această afirmaţie este adevărată sau falsă, dar cert e că a fugit în Anglia. S-a stabilit la Bath, unde s-a făcut cunoscut ca profesor de muzică şi organist al bisericii. Se pare că era văzut ca o partidă bună de către doamnele din înalta societate care veneau să ia lecţii de pian de la el. Sora lui, Caroline, a fugit şi ea din

Hanovra, dar nu ca să scape de armată, ci de tirania fratelui mai mare, Jacob, care avea un comportament abuziv, ţinând-o captivă în casă ca menajeră. Variola lăsase cicatrici pe faţa Carolinei, iar rudele îi spuseseră că, având o asemenea faţă, n-o să atragă niciodată un soţ, aşa că mai bine să-şi concentreze atenţia asupra familiei. Caroline s-a resemnat în faţa acelei profeţii care părea să se adevereacă şi care, în acelaşi timp, servea interesele familiei, dar nu se vedea cosând tot restul vieţii ciorapi pentru fratele ei mai mare. în cele din urmă, a reuşit să ajungă la Bath, la fratele ei mult mai prietenos, William, pe care l-a

apărat de văduvele prădalnice, l-a acompaniat cu vocea în concertele susţinute de acesta şi l-a asistat în studiile lui. Când William a devenit interesat de astronomie, a început să înveţe singură elementele de bază ale acestei discipline. William a construit telescoape, turnând şi şlefuind el însuşi oglinzi în subsolul casei sale, care acum este un muzeu — încă se poate vedea pardoseala crăpată din pricina căldurii degajate de un accident survenit în timpul turnării oglinzilor. A proiectat şi construit tuburi de telescop din lemn şi cositor şi a instalat telescoape pe gazonul din grădină sau chiar pe trotuarul din faţa casei, dacă de asta era nevoie pentru a obţine o

poziţie de vizualizare mai bună. Telescoapele sale erau cele mai bune din epocă: aveau sisteme optice cu o rezoluţie bună şi postamente solide, fiind totodată uşor de folosit, astfel că ulterior au constituit baza unei afaceri profitabile.
William a venit cu ideea de a „analiza” în întregime cerul, examinând fiecare stea şi spaţiile dintre ele şi lăsând cerul să treacă prin câmpul vizual al telescopului său în fâşii paralele, în timp ce el nu-şi dezlipea privirea de ocularul instrumentului. Caroline avea grijă ca procedura să fie sistematică. Cei doi au consemnat stele duble, roiuri şi nebuloase stelare, compilând cataloage care au

definit cadrul general ce a permis efectuarea unor investigaţii detaliate timp de un secol după aceea.

Pe 13 martie 1781, William a văzut o stea demnă de atenţie. Tocmai faptul că telescopul lui avea un sistem optic foarte bun i-a permis să observe că aspectul astrului avea ceva neobişnuit. Era „o ciudăţenie, fie o stea difuză, fie poate o cometă”. Observând-o în următoarele ore şi zile, cei doi au constatat că aceasta se mişcase şi deci nu putea fi o stea, care ar fi rămas fixă. Atunci să fi fost o cometă? Nu, pentru că observaţiile lor erau incompatibile cu această idee. O cometă s-ar fi aflat pe o orbită foarte excentrică ce ar fi

intersectat sistemul solar, dar obiectul ciudat s-a dovedit a se afla pe o orbită aproape circulară, ca o planetă aflată dincolo de Saturn. De asemenea, cometele au un aspect difuz, de parcă ar avea păr, o aşa-numită coma, şi adesea au şi coadă. Obiectul „ciudat” văzut în telescopul său avea forma unui disc circular, la fel ca o planetă. Dacă o pasăre arată ca o raţă şi măcăne ca o raţă, atunci probabil că e o raţă. Obiectul ciudat arăta ca o planetă şi se comporta ca o planetă — s-a dovedit a fi o planetă.

William a fost invitat să-i vorbească regelui George al III-lea despre descoperire şi apoi i s-a cerut să construiască un telescop pentru

Castelul Windsor, ca să poată prezenta celor de la curte imagini ale corpurilor cereşti, cum ar fi nou-descoperitele comete. William a fost numit astronom regal şi a primit un stipendiu astfel încât să aibă libertatea de a lucra fără grija zilei de mâine. Sora şi colaboratoarea lui, Caroline, a primit şi ea un stipendiu. Suma primită de aceasta era doar jumătate din cea acordată lui William, o discriminare de gen deloc nefamiliară chiar şi în zilele noastre. Chiar şi aşa, Caroline a fost încântată de aceşti bani, care îi dădeau o libertate pe care n-o mai avusese niciodată: „în octombrie 1787, am primit prima sumă trimestrială în valoare de 12

lire şi 10 şilingi. Au fost primii bani din toată viaţa mea pe care, la vârsta de 37 de ani, m-am putut gândi că am libertatea să-i cheltuiesc după bunul meu plac”. S-a stârnit o oarecare agitaţie cu privire la numele ce urma să fie atribuit planetei, William dorind să intre în graţiile regelui britanic, dar iritându-i pe astronomii nebritanici prin propunerea de a o boteza Georgium Sidus — „planeta georgiană”. în cele din urmă, a avut câştig de cauză propunerea făcută de astronomul german Johann Bode. „E mai bine să rămânem fideli mitologiei”, a opinat acesta, recomandând ca planeta să fie numită Uranus, după zeul grec al cerului. Este singura

planetă al cărei nume provine direct din mitologia greacă, celelalte fiind numite după zeii Romei antice.
La sfârşitul secolului al XVII-lea, Bode era un lider al astronomiei germane şi a jucat un rol esenţial în descoperirea şi difuzarea a ceea ce a devenit cunoscut ca legea Titius-Bode referitoare la distanţele planetelor faţă de Soare, în elaborarea căreia Uranus a avut un rol semnificativ. Johann Daniel Titius a fost numit profesor de fizică la Wittenberg în 1756 şi a tradus din franceză în germană o lucrare intitulată Contemplation de la Nature, scrisă de omul de ştiinţă elveţian Charles Bonnet. Titius a adăugat în text câteva idei proprii.

Astfel, Bonnet scria într-un pasaj că „în prezent, cunoaştem şaptesprezece planete [şi sateliţi] care intră în componenţa sistemului nostru solar, dar nu suntem siguri că nu mai sunt şi altele”, continuând prin a anticipa noi descoperiri odată cu îmbunătăţirea telescoapelor. Imediat după acest pasaj, Titius a inserat ceea ce astăzi numim legea Titius-Bode:
Să acordăm atenţie separării dintre planete şi să observăm că distanţele dintre ele sunt aproape proporţionale cu creşterea mărimii lor. Dacă luăm distanţa dintre Soare şi Saturn ca reprezentând 100 de unităţi, atunci Mercur se află la 4 astfel de unităţi faţă de

Soare, Venus este la 4 + 3 = 7 unităţi, Pământul, la 4 + 6 = 10 unităţi, Marte, la 4 + 12 = 16 unităţi. După Marte, ar trebui să urmeze o poziţie aflată la 4 + 24 = 28 de unităţi, unde în prezent nu poate fi văzută nici o planetă principală, nici una învecinată... Dincolo de această poziţie care pentru noi rămâne nedezvăluită, se află domeniul lui Jupiter, la 4 + 48 = 52 de unităţi; iar Saturn se află la 4 + 96 = 100 de unităţi. Ce relaţie vrednică de laudă!
Bode a citit cartea lui Bonnet în traducerea lui Titius şi a introdus relaţia propusă de Titius în textul propriei sale cărţi, o introducere în astronomie publicată în 1772, Anleitung zur Kenntniss des

gestirnten Himmels (Introducere în cunoaşterea cerurilor înstelate). Deşi, în mod evident, calcă pe urmele lui Titius, Bode nici măcar nu-i menţionează numele. Dar cartea lui a fost cea care a stârnit interesul celorlalţi oameni de ştiinţă pentru această relaţie şi, ca urmare, a devenit cunoscută ca legea lui Bode. Rolul jucat de Titius în această poveste a fost redescoperit ulterior şi, pe drept cuvânt, numele i-a fost ataşat la denumirea legii: Titius-Bode.
Mai jos este legea Titius-Bode în formă tabelară, din care reiese că, exceptând un interval, ea se desfăşoară aproape numai prin dublarea distanţei fiecărei planete faţă de Soare:

LEGEA TITIUS-BODE

Planetă			Distanţă calculată	Distanţă reală
Mercur [0]	+	4	4	3 9
Venus [3]	+	1	7	7 2
Pământ [6]	+	1	10	10
Marte [12]	+	1	16	15
Loc vacant [24]	+	1 =	28	.

Jupiter Saturn
Uranus a mai adăugat o linie la tabel, valorile potrivindu-se uimitor de bine.
Uranus [192] +
Potrivirea exactă a lui Uranus cu legea Titius-Bode a părut să facă din lege mai mult decât o

coincidenţă. Dar lucrurile nu aveau să se oprească aici. La câţiva ani după descoperirea lui Uranus, a fost descoperit asteroidul sau planeta pitică Ceres. Ea se încadra în locul vacant dintre Marte şi Jupiter (vezi Capitolul 8). Legea părea să aibă putere predictivă. Legi similare au fost descoperite pentru distanţele dintre orbitele celor patru sateliţi principali ai lui Jupiter, ca şi pentru sateliţii mari ai lui Uranus.
388 301
în schimb, pentru Neptun, legea Titius-Bode nu a dat un rezultat la fel de bun.

Neptun [384]

+Totuşi există o variaţie a legii Titius-Bode care funcţionează

pentru cele cinci planete aflate pe orbitele sistemului planetar extrasolar 55 Cancri. Şi există şi o generalizare mai complicată, ce pare să se potrivească pentru un total de 68 de sisteme planetare extrasolare care au în componenţă patru sau mai multe planete. Bineînţeles, cu cât este mai complicată o formulă matematică, cu atât mai uşor poate fi ajustată pentru a se potrivi precis cu datele, fără a avea o bază solidă pentru a face acest lucru.
Astronomii au căutat originea legii într-un fenomen real din formarea şi viaţa sistemului solar. Dar nimeni nu l-a găsit vreodată. Poate că interacţiunile dintre planete, aşa cum sunt exemplificate în

Simularea de la Nisa, au o legătură cu această lege: prima prezentare a Simulării de la Nisa la care am asistat l-a provocat pe un astronom din public să proclame entuziasmat că Alessandro Morbidelli, creatorul simulării, a rezolvat în sfârşit misterul legii Titius-Bode! Morbidelli s-a distanţat totuşi de această posibilitate.
Legea Titius-Bode ar putea fi prima manifestare a unui aspect semnificativ, dar rămas încă ascuns, după cum ar putea fi o curiozitate numerologică lipsită de sens. Perspectiva că ar putea fi rezultatul unui fenomen important aminteşte de episoade anterioare din istoria mişcărilor planetare. Astronomul german Johannes

Kepler a găsit o coincidenţă care lega distanţele dintre planete de dimensiunile a cinci solide poliedrice regulate, încorporate unele în altele. Aceste solide sunt cunoscute ca solidele platonice: tetraedrul, cubul, octaedrul, dodecaedrul şi icosaedrul.
Kepler a consemnat momentul în care a avut această intuiţie. Pe 19 iulie 1595, se pregătea să predea o lecţie de geometrie. A desenat pe tablă un cerc, în interiorul căruia a desenat un mare număr de triunghiuri echilaterale, cu colţurile pe cerc. în interiorul tuturor acestor triunghiuri a apărut un alt cerc, mai mic, care atingea laturile triunghiurilor. Dintr-odată, Kepler şi-a dat seama

că raportul dintre dimensiunile celor două cercuri era acelaşi ca raportul dintre dimensiunile orbitelor lui Jupiter şi Saturn. Apoi s-a întrebat dacă ar putea să potrivească orbitele altor planete într-o manieră similară. A încercat alte figuri geometrice plane — un triunghi, un pătrat, un pentagon şi aşa mai departe. încercarea n-a reuşit. Apoi s-a gândit că poate solidele geometrice tridimensionale ar fi fost mai bune, mai reprezentative pentru planete ca lumi tridimensionale.

Dorind să realizeze un model al sistemului solar, Kepler a construit o serie de solide încorporate unul în celălalt, în genul unei păpuşi ruseşti. La exterior era orbita lui

Saturn, reprezentată printr-o sferă. în interiorul acestei sfere el a înscris un cub, ale cărui colţuri atingeau sfera, iar în interiorul cubului a înscris altă sferă, care atingea laturile cubului. Această sferă reprezenta orbita lui Jupiter. în interiorul acelei sfere a înscris un tetraedru. Sfera din interiorul tetraedrului reprezenta orbita lui Marte. în interiorul sferei lui Marte, a introdus un dodecaedru (iar în el sfera Pământului), urmat de un icosaedru (cu sfera lui Venus înăuntru) şi, în final, un octaedru cu o sferă în interior care reprezenta orbita lui Mercur. Kepler moştenise cunoştinţele de astrologie şi alchimie de la mama lui, care fusese cândva judecată

pentru vrăjitorie. Modelul sistemului solar peste care dăduse întâmplător era foarte coerent şi avea nişte proprietăţi misterioase, care-l atrăgeau. A scris o carte despre acest model, publicată în 1596 şi intitulată Introducere la eseurile cosmologice, care conţine Secretul Universului; despre minunata proporţie a Sferelor Celeste şi despre cauzele adevărate şi particulare ale numărului, magnitudinii şi mişcărilor periodice ale Cerurilor; stabilite cu ajutorul celor cinci Solide Geometrice Regulate. Din acest titlu reiese cu claritate că, în opinia lui Kepler, coincidenţa descoperită de el era cheia vieţilor secrete ale planetelor aflate pe

orbitele sistemului solar. Fiinţele umane sunt înclinate să găsească semnificaţii acolo unde ele nu există, în acelaşi fel în care unii oameni văd o semnificaţie în numerele norocoase care apar pe un bilet de loterie. Dar coincidenţele sunt doar coincidenţe şi nu au nicio semnificaţie fundamentală.

Totuşi Kepler era un mistic convins, astfel că a continuat să caute relaţii numerice similare în felul în care se mişcau planetele. În 1619, a publicat ceea ce avea să devină cunoscut drept „a treia lege a lui Kepler”, care stabileşte legătura dintre cubul dimensiunii orbitelor planetare şi pătratul perioadei de revoluţie în jurul

Soarelui. Aceasta s-a dovedit a fi o consecinţă a legii gravitaţiei formulate de Newton şi are această formă deoarece forţa gravitaţională dintre două corpuri (cum ar fi o planetă şi Soarele) este proporţională cu inversul pătratului distanţei dintre ele. Coincidenţa numerologică lipsită de sens referitoare la cele cinci solide geometrice l-a conduse pe Kepler la o descoperire importantă, în spatele căreia se afla o lege a naturii fundamentală din punct de vedere ştiinţific. Exista o speranţă foarte mică — şi, într-o oarecare măsură, acea speranţă a supravieţuit până azi — ca legea Titius-Bode să ducă la o consecinţă similară. Ea este atât de

atrăgătoare pentru teoreticienii „de salon”, încât revista de astronomie Icarus a trebuit să sisteze publicarea numeroaselor articole primite pe acest subiect. Orbita lui Uranus are proprietăţi care sugerează că ar avea nişte secrete; la fel este şi Uranus însăşi. Atât Uranus, cât şi Neptun sunt mai puţin studiate decât celelalte planete, fiind atât de îndepărtate şi, în consecinţă, mai puţin explorate de sondele spaţiale. De fapt, ambele planete au fost vizitate o singură dată, spre sfârşitul anilor 1980. Sonda interplanetară Voyager 2 a vizitat Uranus în 1986. Şi nu se întrevăd alte vizite ale unor nave spaţiale.

La o examinare superficială, Uranus le imită pe Jupiter şi pe Saturn, dar este mai mică decât ambele, mai depărtată de Soare şi chiar mai rece. Drept urmare, Uranus are o viaţă şi mai puţin interesantă decât Saturn, iar norii care acoperă planeta sunt aproape complet uniformi şi lipsiţi de trăsături distinctive. Dar nu întru totul. Uranus are un aspect albastru-verzui caracteristic datorat unui strat înalt de nori din metan îngheţat. Spre deosebire de Jupiter şi Saturn, interiorul lui Uranus este compus din diferite tipuri de gheaţă, nu din hidrogen şi heliu — uneori este numită gigant de gheaţă, nu gigant gazos. De asemenea, din când în când,

planeta este supusă unor furtuni puternice; nimeni nu ştie cum se declanşează acestea, dar se bănuieşte că sunt sezoniere. Uranus are un câmp magnetic ciudat — puternic, dar neregulat. Nu este centrat în mijlocul planetei şi este înclinat la un unghi care nu se aliniază cu rotaţia planetei. Este de cincizeci de ori mai puternic decât câmpul magnetic terestru. Uranus are o suită foarte numeroasă de sateliţi — peste 25. Toţi au primit numele unor personaje din piesele lui William Shakespeare şi dintr-un poem al lui Alexander Pope. Cei mai mari dintre ei sunt considerabil mai mici decât sateliţii lui Jupiter sau Saturn, ba chiar şi decât Luna

noastră. Miranda, Ariei, Umbriel, Titania şi Oberon sunt cei mai mari cinci sateliţi ai lui Uranus, cu diametre de până la 1 500 de kilometri. Planeta are şi un sistem de inele, 13 la număr, cele mai proeminente cinci dintre acestea fiind descoperite în 1977, când astronomii au observat o stea care era ocultată de Uranus. Efectuarea unor astfel de observaţii constituie o performanţă organizaţională. Poziţia stelei trebuie măsurată cu precizie maximă şi trebuie făcute calcule exacte cu privire la locul în care se va deplasa planeta. Se poate întâmpla ca, dacă observaţiile sunt făcute din anumite locuri de pe Pământ, să nu apară ocultări, căci

marginea planetei trece extrem de aproape de stea, dar fără s-o acopere efectiv, ca să nu mai vorbim că unele staţii de observare ar putea fi luminate de soare în momentele critice sau să fie acoperite de nori.
O cale de rezolvare a acestor probleme logistice este să se organizeze mai multe staţii de observare, situate în locuri potrivite, care să stea în aşteptare. Programul de observaţii din 1977 a ales o abordare diferită şi a folosit Observatorul Aeropurtat Kuiper, o instalaţie NASA construită într-un avion de transport Lockheed C-11A Starlifter. Acesta s-a poziţionat deasupra norilor în locul şi la momentul potrivit, cu intenţia de a

studia slăbirea intensităţii luminoase a unei stele provocate de trecerea acesteia prin atmosfera planetei. Acest lucru s-a întâmplat conform aşteptărilor, dar surpriza a constat în faptul că, în plus, lumina s-a diminuat în mod neaşteptat de cinci ori înainte şi de cinci ori după. Primul grup de cinci diminuări s-a întâmplat cu patruzeci de minute înaintea evenimentului principal, iar celălalt grup, la patruzeci de minute după respectivul eveniment. Diminuările individuale din fiecare grup de cinci au avut grade diferite, iar cele din grupul de „după” au fost inversate în raport cu grupul de „dinainte”.

Motivul pentru aceste diminuări suplimentare era existenţa unui sistem de cinci inele în jurul lui Uranus. Inelele au densităţi diferite — motiv pentru care diminuările de intensitate au avut grade diferite. Existenţa inelelor a fost confirmată de imaginile transmise de sonda spaţială Voyager 2, care a trecut prin sistemul lui Uranus în 1986, acestea fiind ulterior studiate de telescopul spaţial Hubble. Inelele sunt limitate şi păstorite de sateliţii lui Uranus. în unele cazuri, existenţa sateliţilor rămâne la stadiul ipotetic: sunt prea mici şi încă nu au fost văzuţi.
Uranus are o proprietate unică între planetele principale ale sistemului solar: a fost răsturnată.

Toate celelalte se rotesc în jurul unei axe aproape perpendiculare pe planul orbitei în jurul Soarelui şi se rotesc în acelaşi sens în care se rotesc pe orbită. Văzut din poziţia polului nord celest, care este situat în cosmos imediat deasupra Polului Nord geografic al Pământului, Pământul se roteşte în jurul propriei axe şi în jurul Soarelui în sens invers acelor de ceasornic. Ecuatorul Pământului nu este înclinat mult în raport cu planul său orbital. Uranus, pe de altă parte, este aproape răsturnat: se învârte pe orbită cu axa de rotaţie „culcată” în planul orbital, de fapt, îndreptată chiar puţin sub plan — o lume întoarsă cu susul în jos. Sateliţii planetei au oferit prima

dovadă a acestei înclinări neobişnuite. Aceştia se rotesc în jurul ecuatorului uranian şi ne arată că polul lui nord e înclinat cu mai mult de 90 de grade. Inelele sunt poziţionate în mod similar. în consecinţă, polii nord şi sud ai lui Uranus sunt îndreptaţi alternativ timp de jumătate din anul uranian (echivalent cu 84 de ani tereştri) fie către Soare, fie în direcţie opusă acestuia. în timp ce Uranus se deplasează pe orbită, Soarele se mişcă din poziţia centrală, îndepărtându-se de polul nord celest. Cineva aflat pe Uranus, în apropierea polului, rotindu-se o dată pe „zi" împreună cu gigantul de gheaţă („ziua" sa are 17,9 ore), va vedea Soarele

mişcându-se în cercuri în jurul Polului Nord Celest. Pentru acea persoană ar fi mereu zi. Cercurile vor deveni treptat mai mari, coborând cu fiecare zi spre orizont, pentru ca în cele din urmă să coboare sub aceasta. La 21 de ani după mijlocul verii, Soarele nu se va mai ridica deasupra orizontului. Vor urma 42 de ani de iarnă — o perioadă de noapte la fel de lungă ca perioada anterioară de ziuă perpetuă, cu emisfera nordică permanent învăluită în întuneric şi frig. în cele din urmă, Soarele se va ivi deasupra orizontului, iar vara va reveni. Observatorul aflat la polul nord al lui Uranus va avea parte din nou de lumină solară neîntreruptă.

Spre deosebire de acesta, un observator aflat la ecuator ar vedea zilnic o alternanţă zi/noapte, fiecare de câte 8,5 ore. La mijlocul verii şi la mijlocul iernii, Soarele nu se va ridica niciodată mult deasupra orizontului, rotindu-se în jurul polilor celeşti nord şi, respectiv, sud. în schimb, primăvara şi toamna, Soarele ar trece zilnic pe deasupra ipoteticului observator ecuatorial. Ca urmare a acestui ciclu, extremele anotimpurilor de pe Uranus sunt mult mai pronunţate decât ale noastre. Acest lucru ar putea avea legătură cu apariţia sporadică a furtunilor de metan ale planetei, dar ciclul sezonier al lui Uranus este lung (84 de ani) şi

nimeni nu l-a studiat până acum ca să-şi poată da seama cum funcţionează.
Dar care a fost cauza care a făcut ca Uranus să se încline atât de mult? La fel ca în alte cazuri în care astronomii au fost nevoiţi să explice unele caracteristici unice ale planetelor care au apărut cu mult timp în urmă, au fost propuse mai multe răspunsuri — adesea, secretele din vieţile planetelor sunt bine ascunse. Un aspect care ar putea fi semnificativ este acela că sateliţii principali şi inelele interioare ale lui Uranus au orbitele în jurul ecuatorului planetei. Fenomenul care a înclinat orbita lui Uranus a provocat în

acelaşi timp şi înclinarea planelor orbitale ale sateliţilor.
Potrivit unei teorii, Uranus a avut cândva un satelit uriaş, aflat la mică distanţă. Asta a făcut ca Uranus să oscileze mult în timpul mişcării de rotaţie. Până la urmă, mişcarea oscilatorie l-a înclinat într-o parte, deplasând totodată şi orbitele sateliţilor. Apoi, când Uranus s-a întâlnit cu un alt corp din sistemul solar, satelitul uriaş a fost ejectat.
Totuşi teoria cel mai larg acceptată pare să fie cea potrivit căreia, la finalul procesului de formare a lui Uranus, planeta a fost lovită oblic de un planetoid enorm, de dimensiunea Pământului sau chiar mai mare, care l-a răsturnat într- o

parte înainte de a fi absorbit de planetă. Uranus ca întreg încă „îşi aminteşte” această ciocnire excentrică, iar înclinarea sa este o consecinţă a direcţiei de atac a planetoidului. Sateliţii s-ar fi format parţial din rămăşiţele rezultate în urma ciocnirii. Câmpul magnetic neregulat ar putea fi rezultatul ciocnirii, poate ca urmare a unei structuri neobişnuite din interiorul planetei. O altă variantă a acestei teorii susţine că Uranus a suferit două sau mai multe ciocniri succesive. Totuşi niciuna dintre teorii nu a reuşit să demonstreze pe deplin cum s-au întâmplat toate aceste lucruri care au lăsat sistemul lui Uranus în starea lui actuală.

Teoriile astronomice din jurul lui Uranus au ilustrat două moduri complet diferite de abordare a ştiinţei. Pe de o parte, astronomia s-a dezvoltat prin intermediul astrologiei, o pseudoştiinţă mistică, bazată pe numerologie ezoterică, un exemplu în acest sens fiind modul în care Kepler a căutat formule geometrice sau aritmetice pentru orbitele planetare. Pe de altă parte, dezvoltarea astronomiei s-a făcut şi prin observaţii meticuloase şi sistematice, cum ar fi examinarea cerului efectuată de Herschel. Discuţia privind legea lui Bode se situează undeva între aceste două extreme, această „lege” nefiind confirmată încă. în mod similar, sistemul solar are

două feţe. Pe de o parte, asemenea unui ceas de mare precizie, pare să fie perfect ordonat şi să aibă un comportament complet previzibil. Pe de alta, este rezultatul întâmplării şi haosului, evenimentele catastrofale conferind fiecărei planete caracteristici unice.

Vieţile planetelor sunt un amestec de evenimente ordonate şi accidentale. Vieţile noastre constau din acelaşi amestec, nu

doar de evenimente, ci şi de gânduri ordonate şi raţionale, laolaltă cu speculaţii dezordonate şi iraţionale

.Capitolul 15

Neptun: inadaptata

* Clasificare ştiinţifică: gigant de gheaţă.
* Distanţa faţă de Soare: 30,1 x distanţa Pământ-Soare = 4 495 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 165 de ani.

* Diametru: 3,88 x diametrul

Pământului = 49 528 km.

* Perioadă de rotaţie: 19,1 zile.

* Temperatură medie la partea de

sus a norilor: - 200 °C.

* Nemulţumire secretă: „Jupiter şi Saturn s-au înhăitat ca să mă dea la o parte şi m-au făcut să schimb locul cu Uranus”.

Neptun, o planetă nouă, a fost descoperită cu creionul pe hârtie. Poziţia i-a fost determinată prin calcul de matematicianul francez Urbain Le Verrier. A fost găsită în

locul aşteptat, dar s-a dovedit a fi o inadaptată: din punct de vedere ştiinţific, Neptun se află într-un loc greşit, fiind aruncată acolo de haosul din sistemul solar.
Le Verrier a vrut să rezolve problema legată de devierea lui Uranus de la cursul său. După ce William Herschel a descoperit planeta, astronomii au putut să identifice câteva observaţii anterioare ale lui Uranus. Erau observaţii în care astronomii o văzuseră şi o înregistraseră în cataloage şi în tabelele stelare ca stea, nu ca planetă, deoarece telescoapele lor nu fuseseră îndeajuns de puternice. De-a lungul unei perioade de 81 de ani — între decembrie 1690 şi decembrie 1771

—, au fost 24 de ocazii în care Uranus a fost văzută, înainte ca William Herschel s-o fi descoperit propriu-zis, dându-şi seama că era o planetă. Până în anii 1820, poziţia ei pe orbită în intervalul de 84 de ani cât îi ia să se învârtă o dată în jurul Soarelui a fost măsurată îndeajuns de bine pentru a se vedea că se abătea de la cursul ei normal, astfel că astronomii au început să se întrebe de ce. O ipoteză populară era că o planetă nevăzută până atunci îi devia traiectoria orbitală.

Doi matematicieni au fost atraşi de calcularea locului în care s-ar putea afla planeta nevăzută. Aceştia au fost Urbain Le Verrier din Paris şi John Couch Adams din

Cambridge. Calculele lui Adams au fost corecte, dar tinereţea şi modestia l-au făcut să fie umil când l-a abordat cu sfială pe morocănosul George Airy, astronomul regal de la acea vreme, ca să-i ceară ajutor în căutarea noii planete. Ca o scuză pentru Airy, trebuie să spunem că era cel mai vârstnic om de ştiinţă angajat de guvernul britanic în acea perioadă şi era asaltat de tot felul de cereri, multe dintre ele neavând nicio legătură cu astronomia, cum ar fi investigarea motivelor pentru care nu ştiu ce pod se prăbuşise. Airy i-a acordat o finanţare lui James Challis de la Cambridge, care a început să cerceteze subiectul fără prea mult entuziasm.

Challis şi Adams au fost luaţi prin surprindere în 1846, când Le Verrier şi-a trimis predicţia privind poziţia planetei nevăzute lui Johann Galle, astronom la Observatorul din Berlin. Galle, împreună cu asistentul său Heinrich D'Arrest, a început să caute chiar în noaptea zilei în care au primit scrisoarea, comparând unele hărţi stelare noi cu aspectul regiunii din cer pe care o identificase Le Verrier. în mai puţin de 30 de minute, D'Arrest şi Galle au identificat o stea care nu se afla pe hărţi şi, în noaptea următoare, au confirmat că, într-adevăr, era vorba de noua planetă, când au sesizat că aceasta se mişcase. Galle i-a scris lui Le Verrier

următoarele rânduri: „Monsieur, planeta a cărei poziţie aţi indicat-o există cu adevărat”. Le Verrier a răspuns: „Vă mulţumesc pentru celeritatea cu care aţi aplicat instrucţiunile mele. Prin urmare, mulţumită dumneavoastră, ne aflăm în posesia unei noi planete”. Când Holst a compus Planetele între anii 1914 şi 1916, Neptun se afla la limita exterioară a sistemului solar. Probabil că de aceea ultima mişcare a suitei, dedicată lui Neptun, se stinge lent, evocând spaţiile infinite de dincolo de planetă. Acordurile finale, interpretate de un cor de femei dintr-o încăpere aflată în afara scenei, scad treptat în intensitate în timp ce uşa camerei se închide,

măsura finală fiind repetată până când sunetul se stinge, lăsând impresia că se pierde în depărtare. Cu toate că i-a fost luată poziţia de planetă care marchează limita exterioară a sistemului solar, mai întâi în favoarea lui Pluto şi apoi a obiectelor transneptuniene, Neptun rămâne totuşi cea mai depărtată dintre cele patru planete-gigant. împreună cu Uranus, formează perechea aşa-numiţilor „giganţi de gheaţă”. Atmosfera sa — stratul exterior, pe care îl putem vedea — este compusă în principal din hidrogen şi heliu. Are benzi climatice, asemenea lui Jupiter, şi furtuni neaşteptat de întinse, una dintre ele având dimensiunea Pământului

şi purtând numele de Marea Pată întunecată. Această furtună este mai proeminentă decât furtunile de pe Uranus, cu toate că Uranus este mai aproape de Soare şi, prin urmare, primeşte mai multă energie care să-i alimenteze fenomenele atmosferice. Deşi Neptun este mai activă decât Uranus, asta nu înseamnă mare lucru — printr-un telescop normal ne apare ca un glob albastru-deschis, lipsit de trăsături distinctive. Nuanţa sa de albastru este mai închisă decât a lui Uranus datorită cantităţii mai mari de metan din atmosferă (pentru că este mai rece). în mod ciudat, Neptun emite de peste două ori mai multă energie decât primeşte

de la Soare. Excesul provine de la răcirea interiorului fierbinte al lui Neptun. Are patru inele, foarte subţiri şi cu o structură neuniformă, alcătuite probabil din fragmente de asteroizi sau comete care au trecut prea aproape de planetă şi au fost capturate şi descompuse de forţele mareice. Neptun a fost vizitat o singură dată de o sondă spaţială, în timpul zborului de survolare efectuat de Voyager 2 în august 1989. Frontiera marcată de Neptun înainte de descoperirea lui Pluto şi a obiectelor transneptuniene nu este o frontieră unde se întâmplă des lucruri interesante. Pentru că planeta este departe de Soare şi are o gravitaţie mică, lucrurile se

mişcă lent. Atât de lent, încât Neptun nu s-ar fi putut forma în locul unde este acum. Deci ce s-a întâmplat?

Există o progresie a dimensiunilor planetelor odată cu depărtarea faţă de Soare — cele mai mici sunt în apropierea Soarelui, cele mai mari, în zona mai depărtată de el, iar masele planetare scad spre limita exterioară a sistemului solar. Această progresie îşi are probabil originea în densitatea nebuloasei solare. Se crede că nebuloasa care înconjura Soarele era împărţită în inele şi că, în procesul de formare a planetelor, cu cât era mai mult material care orbita într-un inel, cu atât mai mare a fost masa planetei care s-a format iniţial acolo.

Desigur, după aceea au avut loc procese care au redus ori au crescut masa planetelor sau le-au dispus într-o altă ordine faţă de Soare. Dar care să fi fost punctul de pornire?
Nebuloasa solară este discul de gaz şi praf din care s-au format toate planetele şi care bineînţeles că acum a dispărut. Am putea să examinăm nebuloase similare aflate pe orbitele unor stele apropiate, care îşi formează propriile sisteme planetare, ca să avem indicii despre felul cum a început sistemul nostru solar. Dar această metodă nu ar fi practică, deoarece chiar şi cele mai apropiate sisteme planetare în curs de formare sunt prea depărtate. O

altă problemă este că astronomii pot detecta doar mase de gaz şi praf şi nu pot vedea distinct decât corpuri de dimensiunile planetelor sau mai mari. Nu pot detecta planetesimalele care se formează în interiorul nebuloaselor de acest tip. întrucât sunt esenţa formării planetelor, tocmai studierea lor ar avea au o importanţă crucială. Drept urmare, astronomii au fost nevoiţi să abordeze problema modului în care a început procesul analizându-i rezultatul final, anume sistemul nostru solar, şi să pornească de acolo înapoi către originea lui. Ştim că hidrogenul şi heliul din nebuloasa solară au fost eliminate de pe multe planete, dar putem fi întru totul siguri că

elementele grele din compoziţia unei planete, cum ar fi fierul şi siliciul, sunt acolo din perioada formării planetei. Prin urmare, ideea este să se ia componenta stâncoasă a fiecărei planete şi să i se adauge hidrogen şi heliu, astfel încât elementele chimice, luate împreună, să se potrivească cu compoziţia chimică a Soarelui, pe baza presupunerii că această compoziţie nu s-a schimbat mult faţă de cea originară. În continuare, astronomii distribuie masa fiecărei planete pe întinderea orbitei sale pentru a obţine o hartă a densităţii de suprafaţă a nebuloasei solare. Apoi încearcă să calculeze modul în care o

nebuloasă cu acea densitate ar forma planete.
Astronomii au constatat că această metodă, oricât de promiţătoare părea să fie, nu a dat roade în simularea creării planetelor din sistemul nostru solar.
Metoda dă densităţi de suprafaţă joase, cu masa nebuloasei solare prea împrăştiată pentru a forma îndeajuns de repede planetele-gigant. Potrivit acestei metode, pentru formarea lui Jupiter ar fi fost nevoie de milioane de ani, iar pentru Uranus şi Neptun, de miliarde de ani, în vreme ce există indicii potrivit cărora, în realitate, procesul a durat câteva sute de mii de ani sau chiar mai puţin.

S-ar părea că n-a fost suficient timp pentru ca sistemul nostru solar să se dezvolte. Dacă planetele s-au format acolo unde sunt acum, ar dura prea mult pentru ca suficient material să se adune laolaltă şi să formeze planete-gigant. Mai mult, cu cât mai lung e timpul în care hidrogenul şi heliul rămân în preajmă, cu atât creşte cantitatea din cele două gaze care se disipează în spaţiu. Formarea planetelor-gigant nu numai că ar încetini, dar nu s-ar încheia niciodată.

în loc să renunţe la această abordare, astronomii au căutat posibile modificări care ar putea fi aduse teoriei pentru ca ea să dea rezultate. O modificare posibilă ar

consta în observarea faptului că, dacă planetele s-ar fi format la aproximativ jumătatea distanţelor la care se află acum faţă de Soare, nebuloasa solară s-ar fi comprimat la jumătate din arie, crescându-i corespunzător densitatea, iar astfel crearea planetesimalelor ar fi început de la o densitate mai mare, ceea ce ar fi accelerat formarea planetelor mari.
Toate acestea sugerează că planetele exterioare trebuie să se fi format undeva mult mai aproape de Soare, după care s-au îndepărtat de acesta. Sistemul solar s-a mărit prin interacţiunea reciprocă dintre planete. Aceasta este esenţa Simulării de la Nisa.

Dar există un detaliu lămuritor cu privire la Neptun. La limitele îndepărtate ale nebuloasei solare a existat o scădere lină a densităţii de suprafaţă în funcţie de distanţa faţă de Soare, care a avut ca rezultat o progresie lină a maselor planetare — Jupiter are de 320 de ori masa Pământului, iar Saturn, de 95 de ori masa lui. Apoi progresia se poticneşte, lăsând să apară ceva neaşteptat. Uranus are de 14 ori masa Pământului, în vreme ce Neptun are masa de 17 ori mai mare. Neptun ar trebui să fie mai aproape de Soare decât Uranus. în baza acestui argument, Uranus ar trebui să fie frontiera sistemului solar, nu Neptun. Cu alte cuvinte, Neptun se află într-un loc greşit.

Pentru ca teoria formării planetelor să fie funcţională, cele două planete exterioare trebuie schimbate între ele. în mod uimitor, acest lucru se întâmplă în Simularea de la Nisa. Să ne amintim că simularea începe cu o varietate de situaţii iniţiale posibile, ce diferă între ele prin numărul şi poziţiile planetelor, care apoi sunt prelucrate pentru a vedea ce se întâmplă. Rezultatele sunt comparate. Apoi atenţia cercetătorilor se concentrează asupra soluţiilor care se potrivesc cel mai bine cu sistemul solar real. O caracteristică a soluţiilor care se potrivesc este că, în jumătate dintre ele, Uranus şi Neptun îşi schimbă între ele poziţiile. Acest

lucru se întâmplă ca urmare a intrării în rezonanţă a lui Jupiter şi Saturn, perioada orbitală a uneia fiind exact dublul perioadei orbitale a celeilalte. Atracţia combinată a celor mai mari două planete a schimbat locurile ocupate de Uranus şi Neptun.
Pe scurt, iniţial Jupiter s-a deplasat spre interior, dar a sfârşit prin a se mişca spre exterior. Saturn, Uranus şi Neptun s-au mişcat şi ele spre exterior, dar, înainte de a se stabiliza pe actuala orbită aproape circulară, Neptun se mişca pe o orbită excentrică, în care acoperea o mare parte a sistemului solar. Intersecta orbitele celorlalte planete, ca un om care traversează strada prin locuri nepermise. A

avut un efect puternic asupra corpurilor mici din sistemul solar, adică fragmentele care nu fuseseră înghiţite de planetele mai mari şi care se mişcau împreună cu acestea ca asteroizi. Tot acest haos a avut ca efect aruncarea spre interior a multor asteroizi, trimiţându-i pe unii dintre aceştia pe traiectorii de pe care au fost capturaţi ca sateliţi de unele dintre planete, la fel cum, probabil, Phobos şi Deimos au devenit sateliţi ai lui Marte (Capitolul 7). Unii asteroizi au rămas prizonieri în spaţiul din apropierea lui Ceres, între orbitele lui Marte şi Jupiter (Capitolul 8). Alţi asteroizi au fost aruncaţi spre marginea exterioară a sistemului solar (Capitolul 16). în

sfârşit, au fost şi unii azvârliţi în singurătatea spaţiului interstelar.

Aceasta a fost probabil cea mai turbulentă perioadă din vieţile planetelor. în orice caz, rezultatul ne-a fost favorabil. Asteroizii care împânziseră sistemul solar au fost măturaţi şi

ţinuţi sub control, ca
şi cum cineva ar fi
făcut curăţenie în
sistemul solar,
eliminând în mare
măsură riscul ca
Pământul să fie
bombardat în viitor.
Desigur, nu am
scăpat cu totul de
pericolul
reprezentat de

corpurile rătăcite, aşa încât asteroizii continuă să afecteze evoluţia vieţii pe Pământ, aşa cum impactul de la Chicxulub a provocat dispariţia dinozaurilor. Dar impacturile sunt ocazionale, nu constituie u

nbombardament susţinut şi letal. Ca specie, supravieţuim.

Capitolul 16

Pluto: outsiderul care a venit din frig

* Clasificare ştiinţifică: planetă pitică.
* Distanţa faţă de Soare: 39,5 x distanţa Pământ-Soare = 5 906,4 milioane de kilometri.

* Perioadă orbitală: 248 de ani.

* Diametru: 0,186 x diametrul

Pământului = 2 370 km.

* Perioada de rotaţie: 6,4 zile.

* Temperatura medie la partea de

sus a norilor: - 225 °C.

* Reflecţie secretă: „Am fost descoperită ca planetă şi au fost mulţumiţi de mine în calitatea asta timp de 70 de ani (exceptând câţiva nemulţumiţi). Nu mă mai vor ca planetă, dar eu sunt fericită acum să fiu în fruntea unui grup nou”.

Pluto a fost cândva clasificată ca a noua planetă, care se roteşte în jurul Soarelui pe o orbită doar cu puţin mai mare decât cea a lui Neptun. în mod cert, are o orbită circumsolară şi este suficient de mare, dar, după ce a zăbovit o vreme la periferia bandei de

planete care fac legea în sistemul solar, s-a dovedit a nu fi îndeajuns de dominantă şi a fost ostracizată în mulţimea mai puţin influentă a planetelor mici. Seamănă mai mult cu mulţimea de actori mărunţi cunoscută sub denumirea de obiecte transneptuniene, decât cu cele opt planete. Căderea în dizgraţie a retrogradat-o de curând la statutul de „planetă pitică”. Pluto se află la marginea sistemului solar, fiind literalmente un outsider, iar schimbarea de statut a ostracizat-o şi mai mult, unii protestând faţă de această umilinţă suplimentară. S-a dovedit totuşi că Pluto

aparţine unuia dintre cele mai importante grupuri de lumi din sistemul nostru solar.
Pluto a fost descoperită după o cercetare menită să găsească planeta aflată dincolo de Neptun. La rândul său, Neptun a fost descoperită în timp ce se verifica supoziţia că o planetă nevăzută o devia pe Uranus de la cursul său, iar la sfârşitul secolului al XlX-lea Neptun însăşi a fost suspectată în mod similar că se abate de la cursul său. Poate că o a noua planetă se afla pe o orbită exterioară orbitei neptuniene, o aşa-numită Planetă X. Un om de afaceri din Boston, Percival Lowell, care a înfiinţat un observator în Flagstaff, statul Arizona, a preluat

cercetările şi a fotografiat în mod repetat cerul în căutarea acestei planete.
Lowell nu a găsit nicio Planetă X până la moartea sa survenită în 1916. Dar cercetările lui au fost preluate în cele din urmă de Clyde Tombaugh, un tânăr astronom amator angajat să continue observaţiile. în 1930, la vârsta de 24 de ani, Tombaugh a descoperit Planeta X, ulterior denumită Pluto. Găsită în urma căutării unei planete, în mod firesc, Pluto a fost catalogată la acea dată ca planetă. Asemenea lui Neptun, Pluto a fost descoperită în apropierea locului în care se prezisese că s-ar afla. Discrepanţele orbitei lui Neptun s-au dovedit a fi fost exagerate, iar

Pluto nu este foarte masivă (masa i-a fost determinată abia în anii 1980) şi nu ar fi putut să le cauzeze, aşa încât predicţiile nu avuseseră nicio noimă. Lowell şi Tombaugh au căutat în locul potrivit printr-un noroc. Căutarea a dat roade, dar fructul găsit a fost cu totul diferit de cel căutat. Deşi Pluto a fost aclamată ca Planeta X, unele ciudăţenii au făcut ca aceasta să nu se potrivească în mod real cu celelalte planete ale sistemului solar. Era neobişnuit de mică, având jumătate din diametrul lui Mercur. Are într-adevăr cinci sateliţi, unul dintre ei, Charon, având o mărime comparabilă cu Pluto şi fiind vizibil cu ajutorul telescoapelor de pe Pământ, dar

ceilalţi sunt mici şi pot fi desluşiţi de la distanţă doar de telescopul spaţial Hubble. Dar noi ştim acum că multe dintre corpurile mai mici ale sistemului solar au sateliţi şi că această proprietate nu are o semnificaţie deosebită.
Chiar şi înainte ca aceste aspecte să fie descoperite, când despre Pluto se cunoştea în principal orbita sa, era considerată întru câtva un outsider printre planete. Se roteşte în jurul Soarelui pe o orbită foarte excentrică — trece prin interiorul orbitei neptuniene o parte din timp. De asemenea, orbita sa este înclinată la un unghi surprinzător de mare faţă de planul orbital al tuturor celorlalte planete. Aceste diferenţe supărătoare

dintre Pluto şi restul planetelor au fost lăsate deoparte şi, la fel cum s-a întâmplat succesiv cu Saturn, Uranus şi Neptun în istoria astronomiei, şi-a găsit locul în manuale ca planeta cea mai îndepărtată din sistemul solar, un outsider atât în sens propriu, cât şi în sens metaforic.
în 2015, în cadrul unei misiuni de mare succes, sonda spaţială New Horizons a inspectat Pluto într-un zbor de survolare la mică distanţă, după o călătorie care a durat zece ani. Pluto este rece, cu o temperatură medie de -230 °C. Are un relief neregulat, plin de cratere, cu munţi de apă îngheţată şi câmpii înghețate de azot, metan şi monoxid de carbon. Munţii au

înălţimi de ordinul kilometrilor. Peisajul este similar cu unele regiuni accidentate din Antarctica. Sub un cer negru, luminat de stele, pătura de gheaţă scânteiază în ceea ce seamănă cu o lumină selenară puternică: pe Pluto, lumina Soarelui este diminuată până la intensitatea luminii proiectate pe Pământ de Luna plină.
Charon, cel mai mare dintre sateliţii lui Pluto, este imens pe cerul planetei. Văzut de un observator ipotetic de pe suprafaţa plutoniană, satelitul ar avea un diametru angular de 4 grade — adică de opt ori diametrul Lunii noastre. Dar, întrucât Soarele este atât de depărtat de Pluto în

comparaţie cu Pământul, satelitul are doar câteva procente din strălucirea Lunii, dacă am compara felul cum arată „Charon plin” de pe Pluto cu Luna plină văzută de pe Pământ, comparaţia păstrându-se şi pentru celelalte faze.
Pluto are o atmosferă rarefiată. Când l-a părăsit pe Pluto, sonda New Horizons şi-a îndreptat obiectivul spre atmosfera sa luminată din spate de Soare şi a putut vedea o ceaţă albastră stratificată, ca un smog, extinzându-se la 200 de kilometri deasupra suprafeţei. Atmosfera este compusă din azot şi metan, alături de alte molecule, iar acţiunea luminii solare asupra acestor gaze produce un amestec

de hidrocarburi precum acetilena şi etilena. Aceste substanţe se acumulează în particule mici, care cauzează smogul.
Pe Pluto există o câmpie remarcabilă numită Sputnik Planitia, cu un diametru de aproape 1 500 de kilometri. Este alcătuită din azot şi dioxid de carbon îngheţate. Pare a fi un bazin de impact, adânc de 3 kilometri, produs în urma ciocnirii cu un meteorit mare şi care apoi a fost umplut cu diferite tipuri de gheaţă. Suprafaţa sa este divizată în celule poligonale. Se crede că ar fi celule de convecţie, cu ajutorul cărora gheaţa din adâncuri este topită, scoasă la suprafaţă şi împrăştiată în jur. Se crede că celulele sunt

alimentate de dedesubt de o sursă de energie creată probabil de impactul iniţial cu meteoritul. Sputnik Planitia seamănă cu bazinele umplute cu lavă de pe Lună (acele maria cenuşii), dar suprafaţa ei este alcătuită din gheaţă, nu din rocă bazaltică. Gheţarii se topesc şi se scurg în Sputnik Planitia, ei fiind alcătuiţi nu din apă, ci din azot îngheţat. Pluto are multe cratere de meteoriţi — au fost localizate o mie doar pe partea planetei care a fost survolată. Dar pe suprafaţa lui Sputnik Planitia nu se vede niciun crater, deci impactul care l-a creat a fost recent — o catastrofă care a avut loc cu puţine milioane de ani în urmă. La marginea vestică,

acolo unde gheaţa se întinde până în apropierea munţilor, se află un câmp de dune, dar nu de nisip, ci de particule de metan îngheţat. Aceste particule au fost suflate şi aglomerate sub forma dunelor de vântul asociat cu munţii învecinaţi. Pentru oamenii de ştiinţă a fost o surpriză să constate că fulgii de zăpadă de metan au putut fi antrenaţi de vânt pe Pluto, dat fiind că atmosfera sa este atât de rarefiată, iar Pluto se află atât de departe de Soare, încât căldura disponibilă pentru a genera mişcări în atmosferă este minimă. Totuşi, după ce s-au efectuat calculele, acestea au arătat că surpriza s-a bazat pe lipsa de imaginaţie cu privire la condiţiile din alte lumi —

deci nu fusese descoperit un fenomen nou.
în 1992, David Jewitt şi doctoranda sa Jane Luu au descoperit prima dintre cele peste o mie de planete mici situate în afara orbitei lui Neptun. Acestea poartă numele descriptiv, dar neinteresant de „obiecte transneptu- niene”(OTN). Există probabil câteva sute de mii de asemenea obiecte cu diametrul mai mare de 100 de kilometri. Unele dintre ele sunt la fel de mari sau chiar mai mari decât Pluto. Cele mai multe ocupă o zonă numită Centura Kuiper, la limita exterioară a sistemului nostru planetar, unde lumina Soarelui este foarte slabă. OTN-urile se află la mare depărtare de Pământ şi cele

mai multe sunt mici; sunt destul de întunecate şi dificil de văzut, aşa că se ascund cu succes de noi. OTN-urile au fost create în principal în regiunea în care se află acum, iar unele au fost ejectate în Centura Kuiper de la o distanţă mai mică de Soare, poate din cauza rezonanţei dintre Jupiter şi Saturn, aşa cum a fost ea descrisă de Simularea de la Nisa. Cercetătorii cred că OTN-urile sunt, în mare parte, planetesimale care au supravieţuit neschimbate din perioada de început a sistemului solar. Unele dintre ele s-au dovedit a fi de dimensiuni considerabile, comparabile cu Pluto. Multe dintre OTN-uri au fost descoperite cu ajutorul telescoapelor din Hawaii şi

au primit denumiri din cultura hawaiiană. Haumea şi Makemake sunt două dintre cele mai mari. Ultima Thule este unul dintre OTN-urile mici, cu o luminozitate slabă. A fost descoperit de telescopul spaţial Hubble cu ocazia cercetării sistematice a unei regiuni a sistemului solar, anume regiunea prin care sonda New Horizons urma să zboare după ce o va fi lăsat în urmă pe Pluto. Căutarea efectuată de Hubble urmărea să ofere o ţintă din Centura Kuiper, pe care s-o investigheze sonda spaţială. A găsit trei astfel de ţinte, iar Ultima Thule a fost OTN-ul ales pentru a fi studiat.
Ultima Thule are o orbită cu o perioadă de 298 de ani şi se află

foarte departe de Soare: la o distanţă de 44,5 ori mai mare decât distanţa dintre Pământ şi Soare. Denumirea Ultima Thule a primit-o în urma unei competiţii publice. Numele se referă la legendara insulă Thule, despre care vikingii spuneau că s- ar afla la nord de Britania. în epoca medievală, se credea că insula Thule era ţinutul cel mai nordic şi de aceea era descris drept ultima („cel mai depărtat"). Dar Ultima Thule nu este de fapt cel mai depărtat OTN. La sfârşitul lui 2018, a fost descoperit un OTN cu diametrul de circa 500 de kilometri, situat actualmente la o distanţă de circa 125 de ori mai mare decât distanţa dintre Pământ şi Soare — deci de

trei ori mai departe decât Ultima Thule. Noul OTN are o poreclă, care încă n-a fost acceptată în mod oficial: Farout. în curând, vom epuiza denumirile descriptive pentru aceste obiecte îndepărtate, căci astronomii găsesc tot mai multe, situate la distanţe tot mai mari.
Sonda spaţială New Horizons a vizitat Ultima Thule în prima zi a lui 2019 şi a reieşit că acest OTN are forma a doi lobi lipiţi, din unele unghiuri semănând
destul de mult cu un om de zăpadă. Are o lungime totală de 33 de kilometri. Lobii au forme neregulate şi sunt acoperiţi de gheaţă, cu găuri care ar putea fi cratere, dar care se poate la fel de

bine să fi fost excavate de scăpările de gaze. Neregularităţile vizibile pe Ultima Thule provin de la planetesimalele mai mici care s-au contopit pentru a forma fiecare lob separat, după care cei doi lobi s-au ciocnit uşor şi au fuzionat. Aceste două părţi ale lui Ultima Thule sunt printre cele mai primitive din sistemul solar, fiind create cu 4 miliarde de ani în urmă (sau chiar mai mult) şi de atunci au rămas neschimbate, exceptând coliziunea. Dacă Ultima Thule ar fi fost mult mai mare, poate de zece până la o sută de ori mai mare decât în prezent, gravitaţia sa şi căldura generată de radioactivitatea din interior l-ar fi făcut să se diferenţieze în straturi şi să se

aranjeze într-o formă sferică. Aşa s-a întâmplat cu Pluto. în schimb, forma lui Ultima Thule aminteşte încă de viaţa anterioară a OTN-ului.

Datorită informaţiilor noi aduse de toate aceste descoperiri din Centura Kuiper, statutul lui Pluto devine mai clar. Nu mai are statut de unicat în sistemul solar: există şi alte obiecte care îi seamănă, pe orbite similare, înclinate şi excentrice, în apropiere şi dincolo de Neptun. în realitate, Pluto nu este o planetă, ci un OTN.

Afirmaţia potrivit căreia Pluto nu este o planetă a provocat o dezbatere publică aprinsă în primii ani ai noului mileniu. Nu e uşor de explicat de ce opinia publică,

îndeosebi cea din SUA, a devenit atât de preocupată de acest subiect ştiinţific. Este clar însă că trebuie să fi existat motive emoţionale. Pluto era singura planetă care fusese descoperită de un american — acesta să fi fost motivul? Sau explicaţia să fi fost că acum, când mitologia greacă este mai puţin proeminentă, numele Pluto este chiar simpatic, el fiind atribuit şi unui căţel din desenele animate de la Disney, animalul de companie al lui Mickey Mouse. (Câinele din familia Disney a primit numele planetei la scurt timp după descoperirea acesteia.)

Aşa cum este practicată în mod normal ştiinţa, problema legată de natura lui Pluto nu ar fi fost decisă

cu o ocazie anume, cum ar fi o moţiune înaintată în parlament. La fel ca în cazul asteroizilor, problema ar fi fost discutată de astronomi în mai multe ocazii, iar subtilităţile ar fi fost lămurite una câte una. Astronomii cei mai preocupaţi de problemă ar fi exprimat diferite opinii, aşa cum au făcut Herschel, Piazzi şi Bode cu privire la asteroizi (vezi Capitolul 8). Ceilalţi astronomi ar fi urmat argumentul pe care l-ar fi găsit cel mai convingător. Unii dintre ei ar fi sintetizat problema în prelegeri, articole sau manuale. Treptat, s-ar fi ajuns la consens. Dar în controversa legată de Pluto nu s-a întâmplat aşa. Disputa a căpătat un caracter politic şi a ajuns până la

Uniunea Astronomică Internaţională (UAI), care a ajuns la un acord într-o manieră neuzuală în ştiinţă.
UAI este o organizaţie care strânge laolaltă astronomii lumii pentru a-şi coordona mai bine activitatea. Adoptă convenţii de numire pentru a oferi criterii comune de catalogare a obiectelor celeste, astfel încât să se faciliteze corelarea datelor diferite de către oamenii de ştiinţă. Etichetarea obiectelor astronomice este importantă pentru UAI, astfel încât să-şi poată alcătui listele.
UAI se întruneşte o dată la câţiva ani într-o adunare generală, în care sunt discutate ultimele chestiuni apărute în astronomie. La

adunarea din august 2006, organizată la Praga, s-a discutat mult despre problema lui Pluto. După multe discuţii preliminare, în ultima zi a adunării a fost supusă votului o propunere care să rezolve această problemă. A fost adoptată cu o largă majoritate. Propunerea adoptată de UAI conţinea o listă de proprietăţi care definesc o planetă. S-a spus că o planetă este un corp ceresc care se roteşte pe orbită în jurul Soarelui şi este suficient de mare pentru a căpăta o formă aproape sferică (spre deosebire de comete sau de aproape toţi asteroizii, Ceres fiind excepţia notabilă — vezi Capitolul 8). Pentru această parte a definiţiei unei planete, mărimea contează,

iar planetele ar trebui să aibă un diametru mai mare de circa 400 de kilometri, poate considerabil mai mare, în funcţie compoziţia sa — rocă sau gheaţă. O altă parte a definiţiei unei planete, potrivit UAI, impune ca aceasta să fie un obiect ceresc suficient de mare încât să determine toate celelalte obiecte (cu excepţia sateliţilor pe care i-ar putea avea) ca în cele din urmă să îl lase singur pe orbită, fie absorbind obiectele străine, fie proiectându-le în spaţiu.
M-am numărat printre participanţii care au votat pentru aprobarea propunerii.
Deşi am avut rezerve cu privire la proces, m-a motivat dorinţa de a vedea sfârşindu-se această controversă. Procesul se

prelungise prea mult şi avea unele aspecte de nerezolvat. Dar problema trebuia soluţionată şi lăsată deoparte — pentru că ne făcea pe noi, astronomii, să părem caraghioşi, asemenea teologilor medievali care se certau cu privire la ierarhiile îngerilor.
Definiţia UAI pentru „planetă” combină trei criterii separate, fiecare de o natură diferită. Primul criteriu, legat de orbita planetei, este ceea ce, de la Copernic încoace, toată lumea consideră proprietatea principală a unei planete. Al doilea criteriu se referă la structura planetei — o planetă este suficient de mare ca să se stabilizeze într-o formă sferică şi să-şi echilibreze structura internă

sub acţiunea propriei gravitaţii. Şi în această privinţă există consens, astronomii fiind de acord că planetele trebuie să aibă o formă aproximativ sferică. Ei bine, Pluto trece aceste două teste.
Dar ultimul criteriu impune ca la finalul naşterii sale, planeta „să-şi fi făcut curăţenie în vecinătatea” propriei zone orbitale, fie absorbind, fie ejectând alte corpuri de dimensiuni comparabile (în afară de sateliţii proprii). Pluto nu a făcut acest lucru, deoarece se roteşte pe orbită în compania altor OTN-uri. în concluzie, Pluto nu este o planetă.
Dar, dacă Pluto nu este o planetă, atunci ce este? UAI a definit o a doua categorie a corpurilor din

sistemul solar, şi anume „planetele pitice”:
O „planetă pitică” este un corp ceresc care (a) se află pe orbită în jurul Soarelui, (b) are o masă suficientă pentru ca autogravitaţia să învingă forţele corpului rigid, astfel încât să ajungă la o formă de echilibru electrostatic (rotunjită), (c) nu şi-a făcut curăţenie în vecinătatea orbitei şi (d) nu este un satelit.
UAI a luat act de faptul că, potrivit acestor criterii, Pluto este o „planetă pitică”, asemenea asteroidului Ceres (Capitolul 8). Pluto a fost retrogradat de la statutul de „planetă” la cel de „planetă pitică”. Totuşi, dacă mândria i-a fost rănită, se poate

consola cu faptul că se află — ca exemplu tipic — în fruntea grupului de planete pitice din sistemul solar, printre acestea numărându-se Ceres, Haumea, Eris şi Makemake. Dar există multe OTN-uri care sunt probabil planete pitice şi s-ar putea să existe multe alte planete pitice de dimensiuni considerabile, rămase nedescoperite în depărtările întunecate ale sistemului solar.

Poate că, într-un sens, Pluto a fost retrogradată, dar nu mai este considerată un outsider, nici în

sens propriu, nici în sens metaforic. Poate că se află la marginea sistemului solar, poate că este îngheţată la propriu şi multe detalii ale biografiei sale poate că ne sunt încă necunoscute. Dar face parte dintr-un grup important de

obiecte ale
sistemului solar care
deţin cheia naşterii
planetelor. Ne-am
dat seama ce este
de fapt Pluto şi am
aflat câteva secrete
ale vieţii sale. A
venit din frig şi l-am
primit cu braţele
deschise

.Sistemul solar în câteva cuvinte

SOARELE

Soarele este steaua din centrul sistemului solar. Este de departe cel mai mare corp din sistemul solar, iar toate celelalte corpuri se rotesc în jurul său, deşi un pic mai exact ar fi să spunem că toate, inclusiv Soarele, se rotesc în jurul centrului de masă comun. Soarele îşi generează propria energie, în vreme ce toate celelalte corpuri din sistemul solar radiază lumină solară reflectată, amplificată puţin de energia radiată datorită căldurii lor interne.

PLANETELE

Planetele sunt corpuri de mari dimensiuni — solide, lichide şi/sau gazoase — care se rotesc în jurul Soarelui. Pentru că au mase mari, s-au stabilizat într-o formă aproape sferică, clădită strat cu strat, fiecare dintre straturi susţinând greutatea celor de deasupra. De asemenea, au adunat tot materialul aflat în apropierea orbitelor lor în momentul formării sistemului solar, absorbindu-l, cu excepţia corpurilor numite sateliţi, care se rotesc în jurul planetelor. Planetele sunt Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun. Primele

patru au o suprafaţă stâncoasă şi sunt numite planete terestre (sau telurice), iar ultimele patru au o anvelopă gazoasă extinsă şi sunt numite giganţi gazoşi, ultimele două fiind numite uneori şi giganţi de gheaţă.

PLANETE PITICE

Planetele care se rotesc pe orbite în jurul Soarelui şi sunt sferice, dar împart o zonă orbitală cu alte corpuri similare, sunt numite planete pitice. Printre acestea se numără Ceres (care are orbita între Marte şi Jupiter), Pluto, Haumea, Makemake şi Eris, cu orbite la marginea exterioară a sistemului solar. Există circa o sută de posibile planete pitice în sistemul solar, dar s-ar putea să

mai fie alte câteva sute, nedescoperite încă.
Toate corpurile care se rotesc în jurul Soarelui şi nu sunt planete, planete pitice sau sateliţi sunt numite corpuri mici din sistemul solar. Această categorie include:

ASTEROIZI

Corpurile cereşti care, în cea mai mare parte, se află pe orbite între Marte şi Jupiter în aşa-numita centură de asteroizi, se numesc asteroizi. Unii dintre ei au orbitele în alte părţi ale sistemului solar. Toţi sunt stâncoşi. Unul este sferic, Ceres, dar ceilalţi au forme foarte neregulate şi o structură stabilă, dar fără straturile tipice planetelor.

METEOROIZI

Meteoroizii sunt roci sau particule de praf, foarte asemănători cu asteroizii, dar mai mici.

METEORI

Meteorii sunt meteoroizi care sunt pe cale să cadă pe o planetă, un asteroid sau un satelit, posibil arzând în atmosferă, aşa cum se întâmplă cu meteorii pe care-i vedem trecând ca nişte fulgere pe cerul nopţii pe Pământ.

METEORITI

Meteoriţii sunt meteoroizi care au căzut pe suprafaţa unei planete, ca, de exemplu, pe Pământ.

OBIECTE TRANSNEPTUNIENE

Obiectele transneptuniene (OTN) sunt corpuri aflate pe orbite dincolo de Neptun, în Centura Kuiper, între acestea numărându-se Pluto şi toate planetele pitice, în afară de Ceres.

COMETE

Cometele sunt corpuri mici din sistemul solar compuse din roci şi

gheaţă, cu orbite situate oriunde în sistemul solar şi care, când se apropie de căldura Soarelui, emit vapori şi praf sub forma unui nor ceţos şi a unei cozi

.Cronologie

6 000-9 000 î.e.n. Osul de la Ishago este gravat cu fazele lunare.

500 î.e.n. Pitagora arată că cele două manifestări ale lui Venus sunt o singură planetă.
1543 Nicolaus Copernic îşi publică teoria heliocentrică, potrivit căreia Soarele se află în centrul sistemului planetar.
1609- 1619 Johannes Kepler descoperă proprietăţile matematice ale orbitelor planetelor.
1610- 1616 Galileo Galilei îşi îndreaptă prima oară telescopul spre cer şi, printre altele, descoperă fazele lui Venus, sateliţii lui Jupiter şi inelele lui Saturn.
1616 Christiaan Huygens descoperă că înfăţişarea

schimbătoare a lui Saturn este provocată de inelele sale.

1665 Giovanni Cassini descoperă Marea Pată Roşie a lui Jupiter.

1666 Giovanni Cassini descoperă calotele polare ale lui Marte.

1675 Giovanni Cassini descoperă structura internă a inelelor lui Saturn.

1686 **Este publicată cartea lui Bernard de Fontenelle, Conversaţii asupra pluralităţii lumilor.**

1687 **Isaac Newton formulează teoria gravitaţiei şi explică mişcarea planetelor.**

1766 **Johann Daniel Titius introduce în manualul său formularea legii Titius-Bode.**

1772 **Johann Elert Bode publică legea Titius-Bode.**

1774 **Nevii Maskelyne cântăreşte Pământul la Scheihallion.**

1781 **William Herschel descoperă planeta Uranus, împreună cu sora lui, Caroline.**

1796 Pierre Simon Laplace demonstrează că sistemul solar este stabil.

1801 Giuseppe Piazzi descoperă primul asteroid, Ceres.

1802 Wilhelm Olbers descoperă asteroidul Pallas.

1802 William Paley aseamănă construcţia sistemului planetar cu un ceas.

1804 Karl Ludwig Harding

descoperă asteroidul Juno.

1807 Wilhelm Olbers descoperă

încă un asteroid, Vesta.

1815 Meteoritul marţian

Chassigny cade pe Pământ.

1827 Joseph Fourier descoperă

efectul de seră în atmosfera

terestră.

1840 Wilhelm Beer şi Johann von Mădler realizează prima hartă a lui Marte.

1846 Urbain Le Verrier prezice poziţia lui Neptun.
1846 Johann Galle şi Heinrich D'Arrest descoperă planeta Neptun.
1848 Edouard Roche demonstrează cum forţele mareice pot perturba un satelit apropiat de o planetă.
1859 Charles Darwin îşi prezintă teoria evoluţiei prin selecţie naturală.
1859 Urbain Le Verrier iniţiază căutarea lui Vulcan.
1860 Emmanuel Liais sugerează că marcajele de pe Marte sunt zone acoperite de vegetaţie.
1865 Meteoritul marţian Shergotty cade pe Pământ.
1877 Asaph Hali descoperă că Marte are doi sateliţi, Phobos şi Deimos.

1877 Giovanni Schiaparelli cartografiază planeta Marte şi susţine că a identificat pe suprafaţa ei canale artificiale.
1887 Henri Poincaré studiază Problema celor trei corpuri şi descoperă haosul.
1984 Percival Lowell înfiinţează Observatorul de la Flagstaff ca să monitorizeze planeta Marte şi să descopere Planeta X.
1896 H.G. Wells scrie Războiul lumilor.
1909 Eugenios Antoniadi demonstrează că aşa-numitele canale marţiene sunt iluzorii.
1911 Meteoritul marţian Nakhla cade pe Pământ.
1913 Milutin Milankovici calculează variaţiile ciclice ale orbitei şi climei terestre.

1915 Albert Einstein descoperă relativitatea generală.
1930 Clyde Tombaugh descoperă Planeta X, redenumită ulterior Pluto.
1935 Eugene Wigner şi Hillard Bell Huntington prezic existenţa hidrogenului metalic.
1936 Inge Lehman descoperă structura nucleului terestru.
1956 Corneli H. Mayer măsoară temperatura ridicată a lui Venus.
1961 Cari Sagan explică temperatura ridicată a lui Venus ca fiind consecinţa efectului de seră.
1962 Mariner 2 devine primul vizitator spaţial al lui Venus.

1963 Edward Lorenz descoperă haosul în prognozele meteorologice. 1965 Mariner 4 este prima sondă care vizitează cu succes Marte.

1969- 1972 Astronauţii din programul spaţial Apollo aselenizează.

1970- 1976 Sondele Luna 16, 20 şi 24 aduc pe Pământ mostre de sol lunar.

1970-1983 Sunt realizate sondele Venera cu destinaţia

Venus, Venera 7 fiind prima sondă spaţială care a coborât pe suprafaţa unei alte planete. 1971 Mariner 9 este prima astronavă care intră pe orbita unei alte planete, Marte.

1974— 1975 Mariner 10

ajunge la Venus şi apoi la

Mercur.

1. 1976

Sondele Viking asolizează pe

Marte.

1977 Observatorul Aeropurtat Kuiper descoperă inelele lui Uranus.

1978 Glen Penfield descoperă craterul Chicxulub.

1979 Linda Morabito descoperă vulcani pe Io.

1979 Saturn şi sateliţii săi sunt exploraţi de Pioneer 11. 1979 Voyager 1 şi 2 survolează Jupiter.

1980-1981 Sonda spaţială Voyager explorează planeta Saturn şi sateliţii acesteia.

1986 Voyager 2 vizitează

Uranus. 1986 Voyager 2

vizitează Neptun.

1990 Mark Showalter descoperă

satelitul lui Saturn, Pan. 1990-

1994 Misiunea Magellan către

Venus.
1992 Dave Jewitt şi Jane Luu descoperă primul obiect transneptunian după Pluto.

1994 Cometa Shoemaker-Levy 9 plonjează în atmosfera lui Jupiter.
1995 Galileo devine prima sondă spaţială care intră pe orbită în jurul lui Jupiter.
2000 NEAR Shoemaker intră pe orbită în jurul lui Eros, pe care asolizează în 2001.
2003 Beagle 2 este transportat pe Marte de Mars Express.
2004 Sonda spaţială Cassini-Huygens explorează planeta Saturn.
2004 Sonda Huygens este paraşutată pe cel mai mare satelit saturnian, Titan.
2005 Alessandro Morbidelli şi colaboratorii săi publică Simularea de la Nisa.

2005 Cassini descoperă gheizere pe Enceladus.

2005 Sonda Hayabusa studiază Itokawa.

2006 UAI adoptă definiţia modernă a planetei.

2009-2018 Sonda Lunar Reconnaissance Orbiter explorează Luna.

2011-2012 Sonda spaţială Dawn intră pe orbită în jurul lui Vesta.

2011-2015 Messenger intră pe orbită în jurul lui Venus.

2013 Misiunea spaţială Chang'e duce pe Lună landerul Yutu.

2015 New Horizons explorează Pluto.

2015 Sonda Dawn intră pe orbită în jurul lui Ceres.

2016 Juno intră pe orbită în jurul lui Jupiter.

2016 Sonda OSIRIS-Rex este lansată către asteroidul Bennu.

2018 Este lansat BepiColombo.

2018 Sonda Hayabusa 2 studiază asteroidul Ryugu.

New Horizons survolează Ultima Thule

.Credite fotografice

1. Caloris Planitia: © NASAJJohns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington

2. Venus: ©NASA/JPL

3. Pământ: ©NASA/JSC/Apollo 17

4. Marte: ©ESA/DLR/FU Berlin

5. Dune de nisip pe Marte:

©NASA/JPL/University of Arizona

6. Phobos:
©NASA/JPL-Caltech/University of Arizona
7. Ceres:
©NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA
8. Jupiter:
©NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/ Gerald Eichstädt /Seân Doran
9. Io: ©NASA/JPL/University of Arizona

10. Europa: ©NASA/JPL-Caltech/SETI Institute

11. Saturn: ©NASA/JPL/Space Science Institute

12. Pan: ©NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

13. Enceladus, satelit al lui Saturn ©NASA/JPL/Space Science Institute

14.Titan, satelit al lui Saturn: ©ESA/NASA/JPL/University of Arizona; procesată de Andrey Pivovarov
15. Pluto: ©NASA/JHUAPL/SwRI